Tijdschrift van het
Nederlands Radiogenootschap

DEEL 25 No. 3 1960

Weerstoestand bij televisie-ontvangst uit Oost-Duitsland en Italië

door G. P. A. Braam *)

Summary

An investigation has been made of the meteorological circumstances during special cases of short wave propagation far beyond the horizon. Generally anticyclones and upper air advection played an important role, as could be expected; in one case, however, the situation at the rear of a cold front favoured great vertical gradients in the refractive index.

In addition, daily measurements of field strength over a period of 8 months are discussed in relation to the gradients of the refractive index computed from radiosonde observations. There is a highly significant association between the maximum value of the latter in the lowest three kilometers of the atmosphere and the field strength. This is revealed by a χ^2 test.

1. Inleiding

Reeds spoedig na het in gebruik nemen van hogere frequenties van elektro-magnetische golven voor diverse doeleinden, is men tot de ontdekking gekomen, dat de toestand van de atmosfeer op de voortplanting van deze golven een belangrijke invloed kon hebben. Uiteraard is ook televisie een medium dat gevoelig is voor deze invloeden. Enerzijds komt dit af en toe tot uiting in de ontvangst van zeer ver afgelegen zenders, anderzijds kunnen atmosferische omstandigheden ook een vermindering van de 'normale' ontvangstcondities teweeg brengen. De vraag rijst dan direct, of men zowel goede als slechte condities kan voorspellen door gebruikmaking van gegevens, welke dagelijks de meteorologische diensten ter beschikking staan.

*) K.N.M.I., De Bilt.

Bezien we de theorie, die over de voortplanting van deze radiogolven is ontwikkeld, dan lijkt een bevestigend antwoord op deze vraag op zijn minst niet uitgesloten. Als we ons allereerst beperken tot die gevallen waarin 'verre' voortplanting optreedt, dan kan worden geconstateerd, dat daarvoor een laag in de atmosfeer aanwezig moet zijn, waardoor de golven naar de aarde worden teruggebracht. Een dergelijke laag komt voor als de brekingsindex met de hoogte afneemt, ofwel als de waarde

$$\frac{\partial M'}{\partial h} > 0.157$$

Hierin is h de hoogte, uitgedrukt in meters, en M' een vorm van de gemodificeerde brekingsindex:

$$M' = (n - 1) \,.\, 10^6 \quad (n \text{ is de brekingsindex}).$$

De waarde van $(n - 1)$ kan berekend worden uit:

$$(n - 1) = \frac{80}{T}\left(p + \frac{4800\, e}{T}\right) 10^{-6}.$$

Hierin is p de luchtdruk in millibaren, T de absolute temperatuur van de lucht en e de spanning van de waterdamp in millibaren.

Het gaat dus om de verandering van deze factor met de hoogte. De waarde ervan kan natuurlijk in principe uit de dagelijkse radio-sondewaarnemingen berekend worden. Een groot praktisch bezwaar is echter dat de vochtigheid door het radiosonde-apparaat zeer onnauwkeurig wordt geregistreerd, terwijl juist vochtigheidsveranderingen van het grootste belang zijn voor het verloop van de brekingsindex [1]). De mening, dat radiosondewaarnemingen voor radiometeorologisch onderzoek zo goed als onbruikbaar zijn, is dan ook algemeen verbreid [2]).

Het materiaal uit radiosondewaarnemingen is echter vrijwel het enige dat doorlopend ter beschikking staat. Wil er dus

---

[1]) A. Hauer, Meteorologische aspecten van de voortplanting van zeer korte golven in de atmosfeer.
Tijdschrift van het Ned. Radiogenootschap 1951, blz. 39.

[2]) Tropospheric propagation and radiometeorology.
Central radio propagation laboratory. National bureau of standards.

enig onderzoek plaatsvinden dan moet men noodzakelijkerwijs hiervan uitgaan. Men dient zich ervan bewust te zijn, dat een dergelijk onderzoek in hoge mate een verkennend karakter zal dragen en men kan slechts nagaan in hoeverre het materiaal achteraf als verklaring van de waargenomen verschijnselen kan dienen. Aan voorspellingen kan daarbij helemaal nog niet worden gedacht.

2. Gebruikte radiosondestations; meteorologische invloeden

Er werden enkele gevallen in beschouwing genomen, waarin de ontvangst van een ver station werd gemeld. In de vraagstelling vallen twee aspecten te onderscheiden.

a. Is bij 'bijzondere ontvangst' uit de radiosondewaarnemingen inderdaad af te leiden, dat de gradiënt van de gemodificeerde brekingsindex de kritieke waarde heeft overschreden?

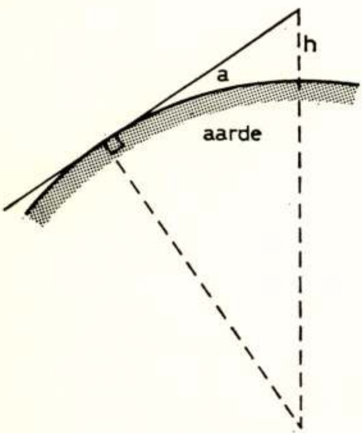


Fig. 1
De minimale afstand van een 'kritieke' gradiënt.

Bij de beoordeling van deze vraag kunnen de volgende overwegingen van betekenis zijn.

In de eerste plaats is het nuttig vast te stellen, dat het niet strikt nodig is om de kritieke gradiënt op het dichtstbijzijnde radiosondestation aan te treffen. De kritieke waarde kan namelijk ook op een verder afgelegen radiosondestation zijn overschreden, indien het niveau waar zulks het geval is maar hoog genoeg ligt. Fig. 1 verduidelijkt dit. De minimale afstand *a* waarop in ieder geval wel een kritieke waarde moet worden gevonden, wordt gegeven door de benaderingsformule $a = 114\sqrt{h}$, waarin *h* de hoogte is, waarop de 'kritieke waarde' wordt aangetroffen (zowel *a* als *h* uitgedrukt in kilometers). Bij een hoogte van de laag van:

500 m	is	deze	minimumafstand	80 km
1 km	,,	,,	,,	114 km
2 km	,,	,,	,,	170 km

De plaats waar de ontvangst werd beoordeeld, was in de meeste gevallen Den Haag, in één geval Amsterdam. In het

gebied, dat met een straal van ongeveer 150 km om Den Haag (Amsterdam) kan worden getrokken, bevinden zich slechts de radiosondestations De Bilt (op ongeveer 60 km van Den Haag) en Uccle (in België, op 130 km). Het is echter wel geoorloofd een aantal radiosondestations buiten het cirkelvormige gebied

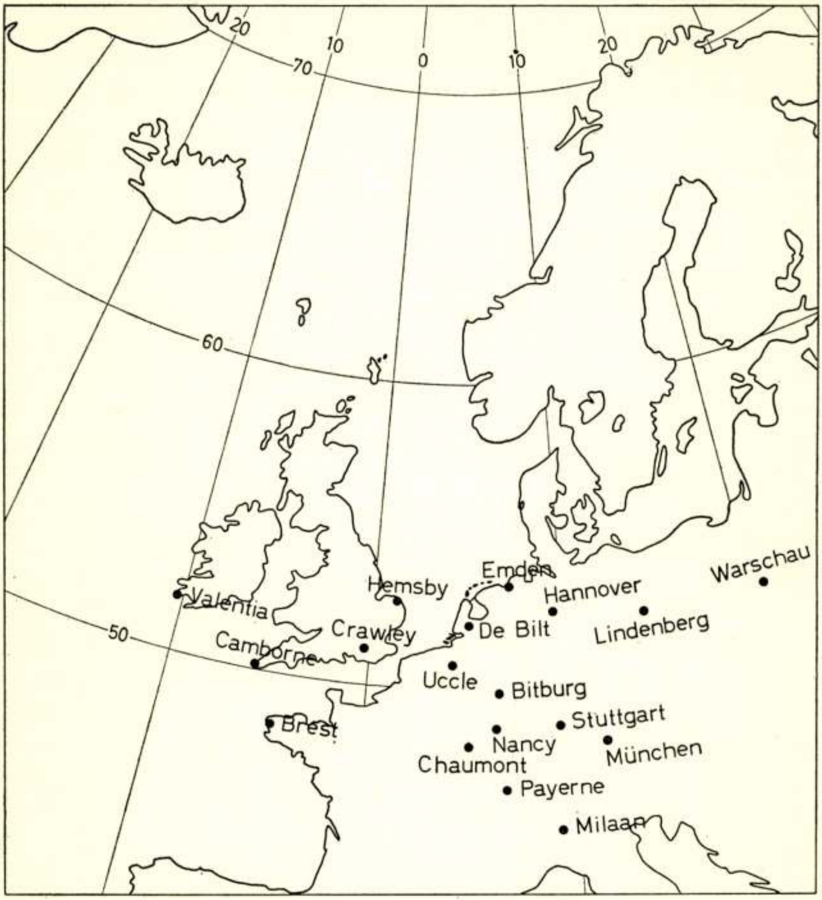


Fig. 2
Overzicht van radiosondestations, die in dit artikel worden genoemd.

in onze beschouwingen te betrekken, aangezien de daarvoor gevonden gegevens, onder sommige omstandigheden wel representatief kunnen zijn voor de toestand binnen de cirkelomtrek. In verband hiermee zijn ook waarnemingen van de stations Emden (op 250 km), Hannover (370 km) en Bitburg (in Duitsland, op 300 km) onderzocht. (zie fig. 2). Het is bovendien

belangrijk de waarnemingen van verafgelegen stations te bestuderen, ten einde de atmosferische toestand op grotere afstanden te beoordelen, in verband met de mogelijkheid dat de op het ontvangststation waargenomen golven een meervoudige terugkaatsing hebben ondergaan en dus van zeer ver buiten het cirkelvormige gebied afkomstig kunnen zijn.

In de tweede plaats lijkt het gewenst aandacht te besteden aan de fouten, die men in de, uit de radiosonde-oplating berekende gradiënten, mag verwachten. Zoals onder punt 1 werd opgemerkt, mag men een gradiënt strikt genomen slechts dan als kritiek aanmerken, als deze de waarde van 0.157 eenheden/meter heeft overschreden. Nu is te verwachten, dat deze waarde door het radiosondemateriaal zeer moeilijk zal worden opgeleverd. De grote gradiënten worden namelijk vooral veroorzaakt door grote vochtigheidsafnemingen en deze worden door de radiosonde vrijwel altijd als veel minder uitgesproken geregistreerd. Dit betekent, dat af en toe de kritieke gradiënt wèl aanwezig zal zijn als tòch een kleinere waarde uit de radiosonde-opstijging wordt berekend. Het leek daarom wenselijk *berekende* gradiënten boven een lagere grens reeds als sterk indicatief voor werkelijke kritieke gradiënten te beschouwen. Een ruwe schatting op grond van de traagheid van het apparaat leverde op, dat dit reeds bij een waarde van 0.120 eenheden/meter het geval zou moeten zijn.

b. Het tweede aspect van de vraagstelling betreft de meteorologische situatie waaronder de grote gradiënten zijn voorgekomen. Bekend is, dat hiervoor nodig is, dat in de atmosfeer een z.g. inversie optreedt, d.w.z. een laag waarin de temperatuur met de hoogte toeneemt, bij voorkeur gepaard gaande aan een scherpe *vochtigheidsafneming*. In het algemeen worden scherpe inversies slechts aangetroffen in de onderste 3 km van de dampkring. Zij ontstaan door:

a. Dalende luchtbeweging, z.g. subsidentie, vooral voorkomend in hogedrukgebieden. Opgemerkt zij, dat het voorkomen van hogedrukgebieden niet alleen voor de genoemde subsidentie van belang is maar ook in verband met de in het algemeen kleinere windsnelheden die erin worden aangetroffen. (Deze gaan namelijk in de regel gepaard met geringe turbulentie, hetgeen voor het voortbestaan van een inversie een voorwaarde is).

b. Aanvoer van warme droge lucht op hogere niveaus (zie figuur 3).

c. Aanvoer van koudere vochtige lucht op lagere niveaus (fig. 3). Het is altijd moeilijk te constateren of dit proces plaatsvond, aangezien juist dicht bij het aardoppervlak de dagelijkse gang van temperatuur en vochtigheid vrij groot is. Het is daarom in het volgende niet systematisch in beschouwing genomen.

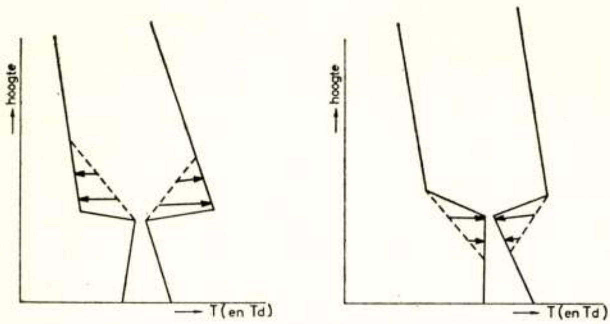


Fig. 3

In bovenstaande figuren ziet men hoe de temperatuur (de rechterkromme in beide grafieken) en het dauwpunt (de linkerkromme) met de hoogte veranderen. In de linker figuur ziet men het effect van aanvoer van warme lucht bòven de inversie (de stippellijnen geven de aanvankelijke toestand weer). In de rechter figuur ziet men het effect van aanvoer van koude vochtige lucht onderin.

3. Enkele gevallen van bijzondere ontvangst

a. Melding van Ir. C. B. Broersma (Amsterdam).
20 januari 1957: Ontvangst uit Oost-Duitsland.

Het maximum, in de onderste 3 km van de atmosfeer, van de berekende gradiënten is in de volgende tabel weergegeven.

TABEL 1

Maximumgradiënten van de gemodificeerde brekingsindex M' in eenh./meter.

Tijd	De Bilt	Emden	Hannover	Lindenberg
19-1-57 02.00 z	0.089	0.037	0.057	0.094
14.00 z	0.039	0.054	0.062	—
20-1-57 02.00 z	0.062	0.104	0.087	0.063
14.00 z	*0.231*	0.107	0.096	0.072
21-1-57 02.00 z	*0.163*	*0.191*	0.074	0.071
14.00 z	0.086	0.058	0.048	0.059

Hieruit valt allereerst te zien, dat van 20 jan. 14.00 z tot 21 jan. 02.00 z maxima in de gradiënten werden aangetroffen, zowel in De Bilt als in Emden en Hannover. Bovendien komen in dit tijdvak in De Bilt en Emden 3 gradiënten voor, die de waarde van 0.120 en zelfs die van 0.157 hebben overschreden. (Deze zijn in de tabel cursief gedrukt). De gunstige atmosferische omstandigheden worden dus inderdaad door de radiosondewaarnemingen aangegeven, voor zover het Nederland en West-Duitsland betreft. In Oost-Duitsland (Lindenberg) zijn nauwelijks aanwijzingen aanwezig. Het is echter mogelijk dat de desbetreffende televisiezender, weliswaar in de Oostzone, maar toch ten westen van Berlijn heeft gestaan, zodat de omstandigheden op het station Lindenberg voor de bijzondere voortplanting niet van belang zijn.

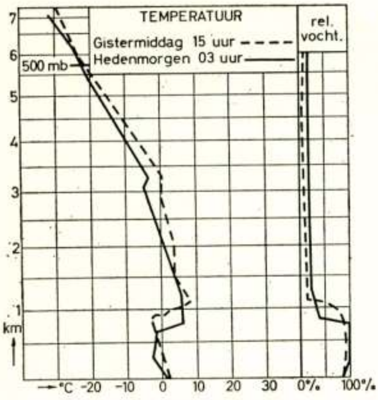


Fig. 4

De radiosondewaarnemingen van 20 januari 1957 te 14.00 gmt en 21 januari 1957 te 02.00 gmt. De beide krommen links zijn die van de temperatuur, rechts die van de relatieve vochtigheid.

Welke factoren hebben nu de scherpe inversies, die de grote waarden hebben opgeleverd, veroorzaakt? Als illustratie is hierbij de radiosonde-opstijging van 20-1-1400 z en die van 21-1-0200 z weergegeven. De scherpe sprongen tussen 500 m en 1000 m spreken voor zichzelf. De weersituatie wordt gedurende de gehele beschouwde periode beheerst door een hogedrukgebied, waarvan het centrum de 19e januari boven Engeland lag. Het verplaatste zich daarna naar Zuid-Duitsland, maar een uitloper van het maximum bleef in de nabijheid van ons land (zie bijgaande weerkaart van 20 jan. 1200 z). Bij de vorming van de inversies, die boven grote delen van Europa worden aangetroffen, zal subsidentie ongetwijfeld een belangrijke rol hebben gespeeld. Aangezien deze subsidentie ook in de periode vóór en nà de 20e januari aanwezig was, moet er op de bewuste datum een bijzondere reden zijn geweest voor de vorming van een inversie met grote scherpte. Er dient dus ook aandacht te worden geschonken aan de advectie. In de onderste lagen van de atmosfeer treffen we vochtige lucht aan, maar dit was op 19 en 21 januari eveneens het geval.

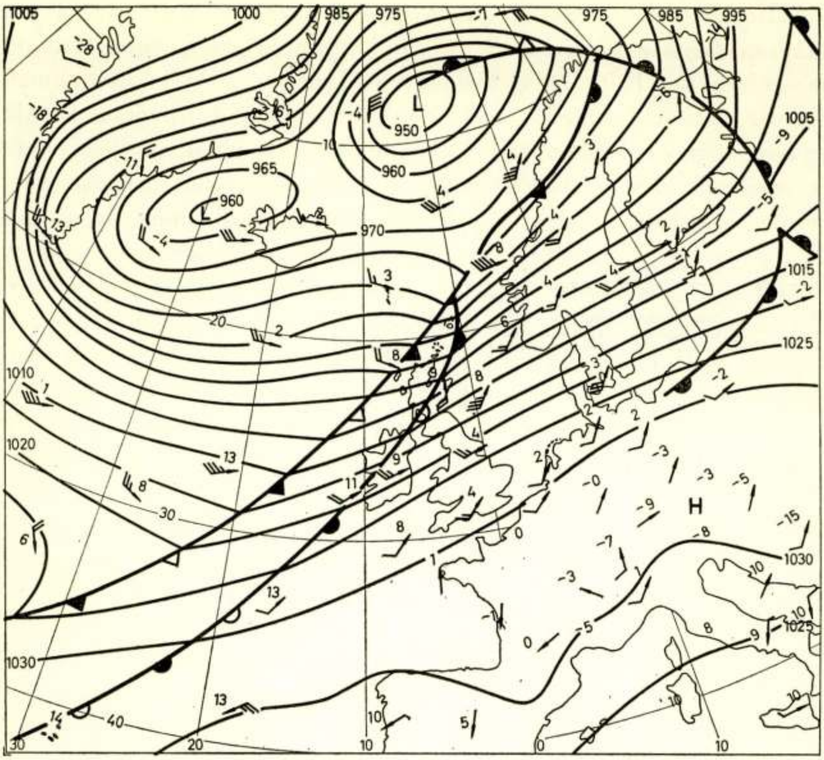


Fig. 5
Weerkaart van 20 januari 1957 12.00 gmt.

Toelichting: L : Lagedrukgebied

H : Hogedrukgebied


: Koufront (bewegend in de richting van de driehoekspunten, dus in de richting van de pijl)

: Warmtefront (ook hier is de bewegingsrichting af te leiden uit de plaatsing van de halve cirkels)


: Een windwaarneming. De windrichting wordt door de pijl aangegeven, de windsnelheid door de vlaggetjes, die op het pijltje zijn geplaatst (daarbij is een heel streepje 10 knopen, een half 5 knopen; in het voorbeeld dus een wind met richting west en snelheid 25 knopen). Het waarnemingsstation denke men zich in de omgeving van de pijlpunt.

: Een waarneming waarbij tevens de temperatuur in graden Celsius is opgegeven (dus 8 graden Celsius in het voorbeeld).

getrokken lijnen : Isobaren, waarbij de luchtdruk in millibaren is vermeld.

Een inzicht in de advectie op hogere niveaus wordt verschaft door de temperaturen op het 850 mb- en 700 mb- niveau (resp. op ongeveer 1500 en 3000 m hoogte). Uit tabel 2 blijkt duidelijk, dat op 20 januari een hoeveelheid droge en warme lucht is aangekomen. Ook op de hierbij niet gereproduceerde weerkaarten van de niveaus van 850 mb en 700 mb is deze van het westen uit gekomen hoeveelheid warme lucht duidelijk te volgen! Met betrekking tot de in de tabel vermelde temperaturen zij echter nog opgemerkt, dat de sprongen die tussen 20 januari 0200 z en 20 jan. 1400 z op 850 mb voorkomen, voor een belangrijk deel zijn toe te schrijven aan het feit, dat de onderkant van de inversie tussen deze twee tijdstippen van een hoogte van 1553 meter (dit is ongeveer het niveau van het 850 mb-vlak) tot 992 meter is gedaald. Dit betekent dat de lucht van bòven de inversie, die toch al warm en droog was, op het laatste tijdstip ook tot op het 850 mb-vlak is doorgedrongen. Een en ander is natuurlijk niet op het 700 mb-vlak van toepassing.

TABEL 2
Temperaturen in De Bilt.

tijd	850 mb		700 mb	
	temp.	dauwpunt	temp.	dauwpunt
18–14 z	+3	−16	−6	−22
19–02 z	−0	−15	−6	−29
19–14 z	−2	−4	−5	−21
20–02 z	+2	−3	−4	−17
20–14 z	+5	−23	0	−27
21–02 z	+4	−16	−4	−23
21–14 z	+3	−4	−4	−21

Op deze wijze is achteraf het opgetreden verschijnsel aldus te verklaren:

Bij aanwezigheid van een hogedrukgebied en vochtige lucht in de onderste niveaus van de atmosfeer werd door aanvoer van warme droge lucht in de hogere niveaus een scherpe inversie gevormd, die bijzonder verre voortplanting van televisiegolven mogelijk maakte.

b. 26 juli 1958.

Door de PTT, Afd. Omroep en Televisie in Den Haag werd

's middags op TV kanaal 2 een zender uit de Oostzone ontvangen, 's avonds in kanaal 3 een Russische zender en om 21 uur Italië.

In tabel 3 zijn weer de berekende maximale gradiënten in de onderste 3 km van de atmosfeer opgegeven.

TABEL 3

Datum en tijd	De Bilt	Hannover	Lindenberg	Warschau	Uccle	Bitburg	Nancy	Stuttgart	Payerne	Milaan	Rome
25-7 12 z	0.068	0.074	0.070	—	0.081	0.075	*0.126*	0.075	0.107	*0.174*	0.063
26-7 00 z	0.116	*0.131*	0.066	0.052	0.040	0.084	*0.142*	*0.142*	*0.163*	*0.152*	0.112
26-7 12 z	0.054	0.062	—	0.046	0.044	0.046	0.049	*0.136*	0.076	—	*0.127*
27-7 00 z	0.046	*0.130*	0.071	0.045	0.039	*0.142*	0.065	*0.168*	0.053	—	0.112
27-7 12 z	0.079	0.082	0.057	0.042	0.057	0.078	*0.262*	*0.143*	0.055	—	*0.127*

De waarden groter dan 0.120 zijn cursief gedrukt. De eerste vier stations liggen op de 'route' naar Oost-Duitsland en Rusland, de volgende op die naar Italië.

Hoewel het beeld nogal grillig is, laat zich wel vaststellen dat althans met betrekking tot onze directe omgeving, ontvangst van een ver station mogelijk moet zijn geweest, op 26 juli in de laatste helft van de dag. Toen immers meldden Hannover en Bitburg behoorlijk grote gradiënten (27-7 00 z). De Bilt geeft geen aanwijzing, maar zoals eerder uiteengezet is dit niet strikt noodzakelijk als maar op enige afstand kritieke gradiënten worden aangetroffen.

Verder op de 'routen' vindt men in Berlijn en Warschau géén, maar in de richting van Italië wél waarden, die op gunstige atmosferische omstandigheden duiden (zie Rome en Stuttgart). Weliswaar vindt men ook vòòr en ná het gewenste tijdstip grote gradiënten maar men zou kunnen argumenteren, dat slechts op 27 juli 1958 te 00.00 gmt 'aansluiting' via Bitburg mogelijk is. Gezien de kwaliteit van de radiosondewaarnemingen en het gecompliceerde karakter van het probleem is dus achteraf de abnormale ontvangst in zekere mate te begrijpen.

De weerstoestand omstreeks 26 juli wordt in onze omgeving *niet* door hogedrukgebieden beheerst. Integendeel, op 26 juli is boven de Noordzee een depressie aangekomen, die zich in oost-

noordoostelijke richting verplaatste (zie fig. 6 weerkaart van 27 juli 1958 00.00 gmt). Wel bevindt zich boven Polen en Oost-Duitsland een hogedrukgebied, terwijl boven Zuid-Frankrijk een zwakke rug van hogedruk wordt aangetroffen. In deze laatstgenoemde gebieden kan dus de invloed van subsidentie aanwezig geweest zijn, waardoor aldaar grote M'-gradiënten kunnen zijn ontstaan.

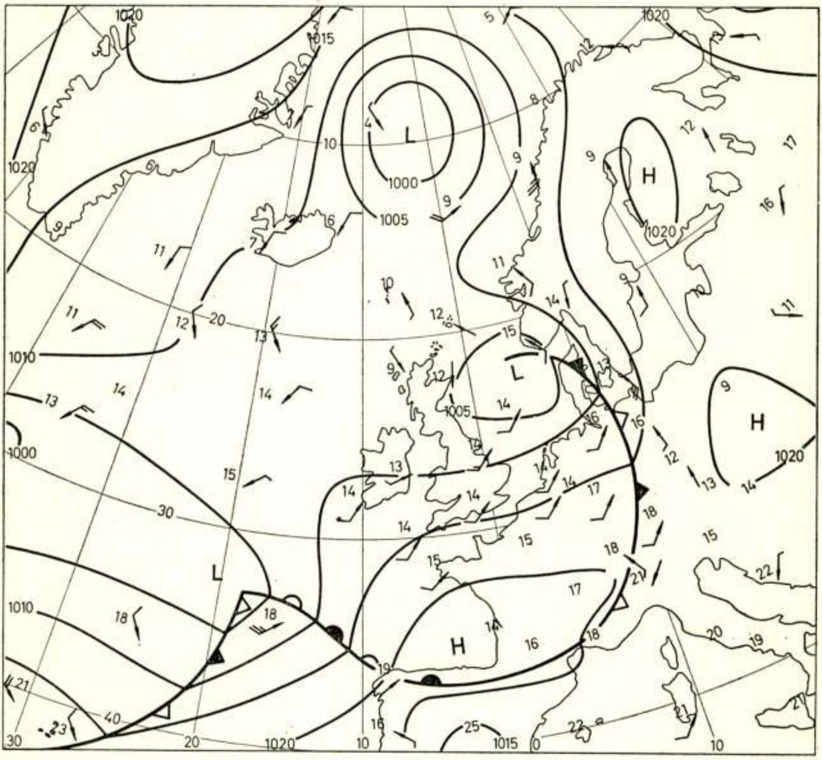


Fig. 6
Weerkaart van 27 juli 1958 00.00 gmt.

Ter verklaring van de inversies van Bitburg en Hannover (in onze directe omgeving) op 27 juli 00.00 gmt moet dus aan andere factoren aandacht worden geschonken. Een globale studie van de advectie, zoals in het geval van januari 1957 werd uitgevoerd, leidde hier niet tot het gewenste inzicht. Het was noodzakelijk de advectie meer in detail na te gaan. Het was daarbij allereerst opvallend dat het effect is opgetreden na de passage van een koufront. Schematisch kan de verticale

dwarsdoorsnede van een koufront worden voorgesteld als in de onderstaande figuur 7. De temperatuurverdeling langs de verticaal zal in de nabijheid van het koufront in meer of mindere mate inversies te zien geven op de plaats van het frontvlak. De voor grote M'-gradiënten noodzakelijke vochtigheidsafneming bij deze inversies zal in de directe omgeving van het front slechts zelden gevonden worden, omdat de lucht daar meestal tot op grote hoogte wolkenpartijen bevat. Wellicht vormt de achterzijde van het front wat dit betreft een uitzondering. Niet zelden worden daar immers felle opklaringen aangetroffen, vooral met betrekking tot de bewolking in hogere niveaus.

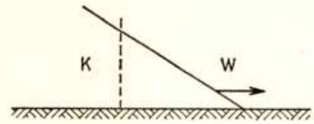


Fig. 7
Verticale dwarsdoorsnede van een koufront. W = warmere lucht, K = koudere lucht. De bewegingsrichting is volgens de pijl.

Zoals opgemerkt, was het koufront op 27 juli 00.00 gmt Hannover en Bitburg reeds gepasseerd. De grote gradiënten in de radiosondewaarnemingen van deze stations blijken vooral veroorzaakt te zijn door de aanwezigheid van een droge laag tussen de hoogten 1700 en 2200 m (Hannover) en 1200 en 2800 m (Bitburg). Om de vraag of er samenhang bestaat tussen de droge laag en het frontensysteem te kunnen beantwoorden is het gewenst na te gaan of deze droge lucht ook op eerdere tijdstippen, in een gebied dicht achter het frontvlak gelegen, is terug te vinden. De heersende luchtstroming maakt het mogelijk na te gaan van waar de bewuste luchtlaag is aangevoerd. Het blijkt, dat voor 26 juli 1958 12.00 gmt in een gebied met als centrum Zuidoost-Engeland, drogere lucht zou moeten worden aangetroffen (zie fig. 8, 850 mb-kaart van 26 juli 12.00 gmt).

De volgende radiosondestations geven inlichtingen omtrent de opbouw van de atmosfeer (zie ook fig. 2).

Hemsby: droge laag boven 2200 m (vrij grote M'-gradiënt van 0.093 eenh./m).

Crawley: vrij droge laag boven 1900 m (vrij grote M'-gradiënt van 0.089 eenh./m).

Brest : droge laag en zwakke inversie boven 700 m.

De waarnemingen uit een gebied waar de droge laag zich 24 uur eerder moet hebben bevonden, namelijk in de omgeving van Zuidwest-Engeland op 26 juli 00.00 gmt, laten het volgende zien

Camborne: droge laag boven 800 m (gradiënt van de brekingsindex vrij groot: 0.108 eenh./m).
Valentia : droge laag boven 3000 m.

Inderdaad wordt de droge lucht dus in de gewenste gebieden op vroegere tijdstippen teruggevonden. Aangezien de hoogte van de droge laag, globaal genomen, groter is op toenemende

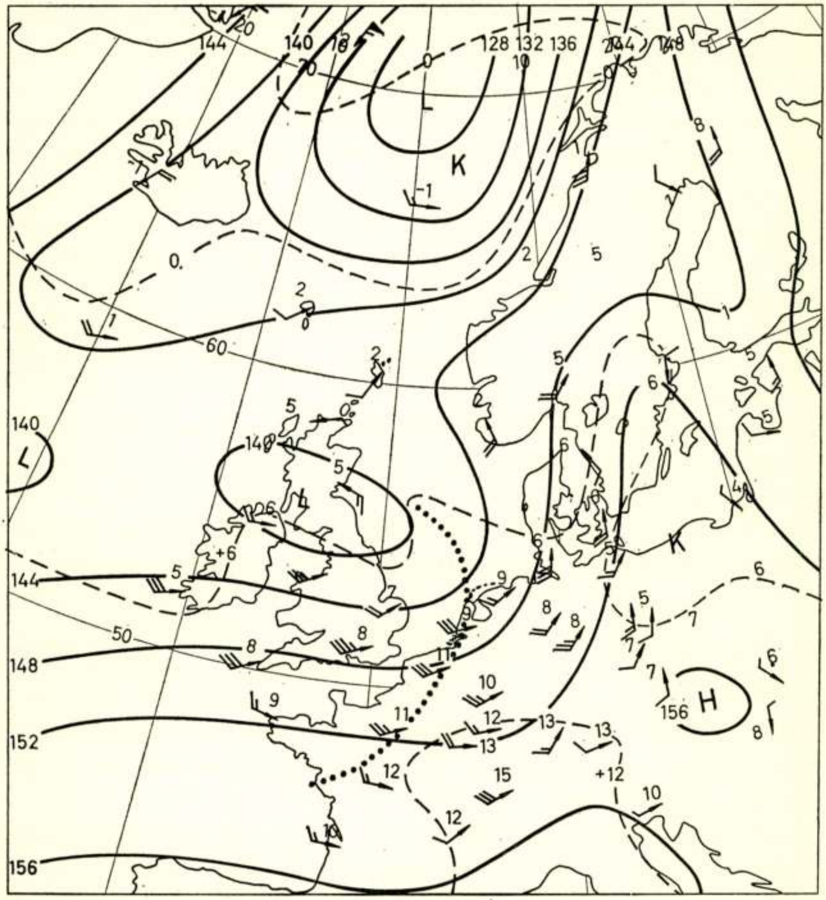


Fig. 8

Topografie van het *850 millibar-vlak* van 26 juli 1958 12.00 gmt. Deze kaart geeft de luchtstroming weer op 850 mb (dit is op ongeveer 1500 meter hoogte). De *getrokken* lijnen zijn hoogtelijnen, die dezelfde functie vervullen als isobaren op de grondkaart. Bij elke lijn is de hoogte in dekameters vermeld (intervallen van 4 dam). De *gestreepte* lijnen zijn isothermen met intervallen van 6° *C*. De *gestippelde* lijn geeft de positie van het front aan de grond op het zelfde tijdstip weer.

Verder is K = temperatuur-minimum en W = temperatuur-maximum.

afstand tot het front, lijkt de gevolgtrekking gewettigd, dat de grote gradiënten in de brekingsindex samenhangen met een frontale inversie of isothermie, waarboven zich op grotere afstand van het grondfront een hoeveelheid drogere lucht bevindt.

Behalve van de bovenstaande data zijn de omstandigheden op nog enkele andere dagen, waarop bijzondere ontvangst werd gemeld, onderzocht. Omdat zich hierbij in principe geen nieuwe gezichtspunten voordoen volgt van deze situaties slechts een samenvatting.

c. Op 28 augustus 1958 meldde de PTT uit Den Haag:

Zeer goede ontvangst o.a. van Langenberg, om half drie snel teruglopend. Op 29 augustus opnieuw zeer goed, maar iets minder dan 28 augustus.

Er komen vooral op de 28e op vele radiosondeposten in onze omgeving grote gradiënten voor, behorend bij uitgesproken inversies. Deze bevonden zich aan de westflank van een boven centraal Europa gelegen rug van hoge druk. Ook hier blijkt op de 28e boven onze omgeving een hoeveelheid warme lucht te zijn aangekomen.

d. Van donderdagavond 23 oktober tot vrijdagmiddag 24 oktober 1958 werden door de PTT gunstige ontvangstcondities gesignaleerd. Ook hier kon in een uitgesproken hogedruksituatie het effect van aankomst van warme lucht worden gevonden, resulterend in zeer scherpe inversies met grote gradiënten.

4. Het verband tussen maximale gradiënten en gemeten veldsterkte

In alle bovenstaande gevallen kan worden geconcludeerd, dat de bijzondere ontvangst door het radiosondemateriaal althans niet wordt tegengesproken. Het is echter moeilijk deze conclusie positiever te formuleren, als de maximale gradiënt niet *dag voor dag* met de ontvangstcondities in verband wordt gebracht. In de bovenstaande paragrafen werden immers slechts situaties met goede ontvangst behandeld. Er is daarom voor het tijdvak gelegen tussen 1 juli 1958 en 1 maart 1959 een systematisch onderzoek uitgevoerd naar de samenhang tussen de volgende variabelen:

a. De veldsterkte van de FM zender Mierlo (bij Eindhoven), gemeten in Den Haag. (De afstand Den Haag — Mierlo bedraagt ongeveer 115 km. Bij de bestaande antennehoogten van respectievelijk 15 m en 140 m is de maximale afstand, die bij

rechtlijnige voortplanting kan worden overbrugd, ongeveer 57 km. Den Haag ligt dus ver voorbij de 'horizon').
b. De maximale gradiënt van de brekingsindex in de onderste 3 km, zoals berekend uit de radiosonde-opstijging te De Bilt. Aangezien deze opstijgingen plaatsvinden te 12.15 en 00.15 Ned. tijd, werd de gemiddelde veldsterkte bepaald in een periode van 3 uur gelegen òm deze tijdstippen (dus respectievelijk van 11.00-14.00 en van 23.00-02.00 uur).
Het resultaat kan worden weergegeven in de volgende tabel:

TABEL 4

		maximale gradiënt brekingsindex					
		kleiner dan 0.070	0.070 t/m 0.099	0.100 t/m 0.129	0.130 t/m 0.157	groter dan 0.157	
gemeten veldsterkte	kleiner dan 5	222 (199)	68 (73)	22 (29)	3 (8)	7 (13)	322
	5 t/m 9	36 (45)	24 (17)	6 (6)	4 (2)	3 (3)	73
	groter dan 9	27 (41)	13 (15)	13 (6)	5 (2)	8 (2)	66
		285	105	41	12	18	461

Opgemerkt zij nog, dat de veldsterkte is uitgedrukt in microvolt/meter en dat de grenzen zijn gekozen in overeenstemming met belangrijke verschillen in ontvangst. Zo is bij een veldsterkte kleiner dan 5 niets te horen, bij een veldsterkte groter dan 9 kan van bijzondere ontvangst worden gesproken.

In de tabel vindt men tussen haakjes de getallen als de verdeling toevallig was (zoals gebruikelijk, berekend op grond van de randtotalen). Er blijkt een zeer significant verschil te zijn tussen de twee verdelingen (overschrijdingskans kleiner dan 0.0001) indien men toetst met χ^2. Met andere woorden: de verdeling van de gevonden getallen is niet toevallig, er moet verband zijn. Dit komt vrij duidelijk te voorschijn als men de

tabel iets modificeert en de kansen berekent op grote veldsterkte bij verschillende gradiënten:

TABEL 5

	< 0.070	0.070 t/m 0.099	0.100 t/m 0.129	0.130 t/m 0.157	> 0.157
Veldsterkte groter dan 9	9.5% (285)	13.2% (105)	31.7% (41)	41.7% (12)	44.5% (18)

gemiddeld: 14.3%

Tussen ( ) het aantal waarnemingen op grond waarvan het percentage is berekend.
Bij een gradiënt groter dan 0.100 neemt de kans op grote veldsterkte dus aanzienlijk toe.

Merkwaardigerwijs schijnt dit resultaat niet in overeenstemming met hetgeen door A. Maenhout[3]) bij een onderzoek te Dourbes in België naar de ontvangst van de zender Langenberg werd gevonden. Volgens hem bestond tussen afzonderlijke gradiënten en veldsterkten slechts een geringe correlatie. Hoewel het desbetreffende artikel niet vermeldt hoe deze correlatie precies is onderzocht, beweert van Maenhout dat men slechts een duidelijk verband tussen de maandgemiddelden van de bewuste grootheden kan vaststellen. Bean en Meany[4]) werken eveneens met maandgemiddelden. Gezien de kwaliteit van de radiosondewaarnemingen zou men zeker ook niet zonder meer een verband tussen de afzonderlijke gradiënten en veldsterkten mogen verwachten. Het is daarom belangwekkend, dat het in het door ons onderzochte materiaal wel duidelijk te voorschijn komt. De radiosondewaarnemingen vormen blijkbaar toch een vrij duidelijke afspiegeling van atmosferische omstandigheden. Er zij echter opgemerkt, dat de geschetste tegenstrijdigheid

[3]) A. Maenhout, Troposferische voortplanting van 3 m golven in verschillende luchtmassa's. Med. van de Kon. Vlaamse Academie van Wetenschappen, Letteren en schone Kunsten van België. Klasse der Wetenschappen. Jaargang XX 1958, no. 2.

[4]) Bean and Meany, Proc. of the IRE 1955, blz. 1419.

slechts schijn kan zijn, omdat het door ons gevonden verband betrekking heeft op *grote* schommelingen in de variabelen, terwijl een onderzoek naar fluctuaties op kleinere schaal vermoedelijk evenmin iets zou hebben opgeleverd.

Uit tabel 5 blijkt echter tevens dat het aantal grote veldsterkten bij *kleine* gradiënten nog vrij groot is (namelijk 27 in de eerste en 13 in de tweede kolom). Dit grote aantal maakt de mogelijkheid voor het doen van voorspellingen omtrent televisie-ontvangst zeer klein. Ongetwijfeld hangt het voorkomen van goede ontvangst onder deze omstandigheden ten dele samen met de fijnstructuur van de atmosfeer, waarover het huidige radiosondemateriaal ons geen voldoende informatie kan verschaffen. De vraag rijst verder of men zelfs bij de aanwezigheid van een voldoende dicht netwerk van goede radiosondes een betrouwbare voorspelling van inversies met vochtigheidssprongen zou kunnen maken. In het bijzonder zal het moeilijk zijn advectieve invloeden in rekening te brengen.

Manuscript ontvangen op 12 februari 1960.

Vertaalmachines

door IJ. Boxma *)

Voordracht gehouden voor het Nederlands Radiogenootschap op 9 februari 1960.

Summary

The construction of translating machines is based on the knowledge of physical sciences as well as on linguistics. The modern data-processing machines give possibilities for the realization of a translating machine, but the structures of the different languages still have to be examined in more detail.

In this article a survey is given of the reasons why digital data-processing machines are suitable for translation work and of the problems which have to be solved before such a machine can be programmed.

1. Inleiding

Bij de studie van vertaalmachines komt men op het grensgebied van de wis- en natuurkunde en techniek enerzijds en de taalwetenschappen anderzijds. Men zal namelijk de eigenschappen van de taal moeten leren kennen en moeten trachten deze te omschrijven op een zodanige wijze dat ze fysisch kunnen worden vastgelegd.

Voor de fysische verwezenlijking van een vertaalmachine denkt men momenteel uitsluitend aan de moderne informatie-verwerkende apparatuur. De omschrijving van de taaleigenschappen zal dan een mathematisch karakter moeten hebben, en in de vorm van programmeringsregels en constanten in de machine moeten worden ingevoerd.

De eerste suggestie het machinaal vertalen eens met een elektronische rekenmachine te proberen werd omstreeks 1947 gedaan door Warren Weaver van het Rockefeller Foundation in een brief aan professor Norbert Wiener van het Massachusetts Institute of Technology. Hij schreef onder meer: 'When I look at an article in Russian, I say: *This is really written in English, but it has been coded in some strange symbols. I will now proceed to decode*'.

*) Physisch Laboratorium, RVO-TNO.

Ontcijferen van een code, waarbij de taal onveranderd blijft, is echter een ander proces dan vertalen. Het gehele systeem van het uitdrukken van gedachten wordt hierbij namelijk gewijzigd. We zien dan ook een geleidelijke overgang van de studie door rekenmachinedeskundigen naar de studie door taalkundigen, nadat op vele elektronische rekenmachines in Engeland, de Verenigde Staten van Amerika, en Rusland was gedemonstreerd, dat met een zeer beperkt woordenboek de machinale vertaling van passende zinnen mogelijk is.

In dit artikel wordt in het kort aangegeven, waarom de elektronische rekenmachines min of meer geschikt zijn vertaalwerk uit te voeren, en welke problemen men ontmoet wanneer men een programma voor het automatisch vertalen zou moeten opzetten.

2. De elektronische rekenmachine als vertaalmachine

2.1. *Elektronische rekenmachines*

Nadat gedurende de tweede wereldoorlog enkele elektronische numerieke rekenmachines waren gebouwd, begon men in 1946 meer rekenmachines te construeren, die sneller konden rekenen, meer getallen tegelijk konden onthouden en gemakkelijker van het ene op het andere probleem konden worden omgeschakeld. Dit bereikte men door het toepassen van nieuwe technieken. De veelzijdigheid van deze machines werd aan allerlei mathematische en niet-mathematische problemen gedemonstreerd, zoals het oplossen van 30 vergelijkingen met 30 onbekenden, het spelen van een of ander spel tegen een menselijke tegenstander en ook het vertalen van een tekst in een andere taal.

Hoewel men oorspronkelijk, gedurende de tweede wereldoorlog, nog trachtte rekenmachines te construeren, die in het ons vertrouwde tientallige stelsel rekenden, heeft men bij latere ontwerpen overwogen dat het gebruik van dit talstelsel niet noodzakelijk is. Het tweetallige stelsel is eenvoudiger uit te voeren, omdat de veel gebruikte flip-flop-schakelingen twee evenwichtstoestanden bezitten, zodat aan deze beide toestanden de cijfers 0 en 1 kunnen worden toegekend. Dit geeft een aanzienlijke materiaalbesparing ten opzichte van het tientallige stelsel. Bovendien kunnen andere elementen, die volgens het ja/nee principe werken, worden gebruikt, bijvoorbeeld als geheugen.

2.2. *Technische uitvoering van het geheugenorgaan*

In veel gevallen zullen de getallen met behulp van een ponsband in de rekenmachine worden ingevoerd, waarbij een gaatje een 1 voorstelt. In het geheugen van de machine moeten de ingevoerde, evenals de te onthouden, enen en nullen worden vastgelegd, waarvoor vele systemen in gebruik zijn afhankelijk van de eisen die men stelt.

De reeds genoemde flip-flop-schakelingen zijn zeer snel, maar

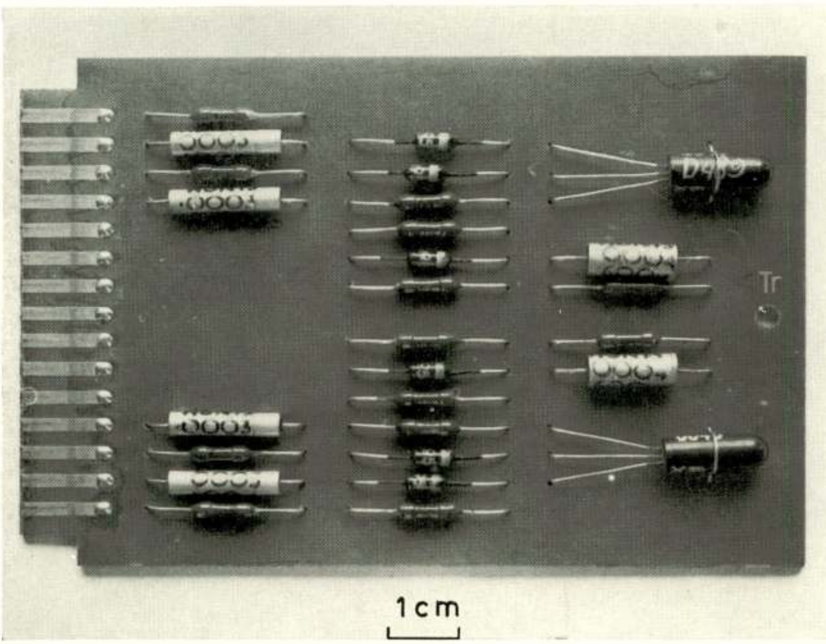


Fig. 1
Transistor flip-flop.

vrij groot; zij worden daarom wel in het rekenkundig orgaan, maar meestal niet in het geheugen gebruikt. Figuur 1 geeft een op het Physisch Laboratorium RVO-TNO geconstrueerde transistor-flip-flop, terwijl figuur 2 een rek met dergelijke schakelingen toont.

Tegenwoordig past men dikwijls magnetische geheugenelementen toe. Een uitvoeringsvorm is een trommel, waarvan de mantel bedekt is met een laagje nikkel Terwijl de trommel snel ronddraait, wordt door een zogenaamde schrijfkop een

klein oppervlakte-elementje van de mantel gemagnetiseerd. Door zeer korte impulsen toe te passen kan dit gemagnetiseerde oppervlak zeer klein worden gehouden, zodat langs de omtrek een groot aantal cijfers kan worden geschreven.

Bij een ander type magnetisch geheugen is voor ieder tweetallig cijfer een ringetje aanwezig, dat gemaakt is van materiaal

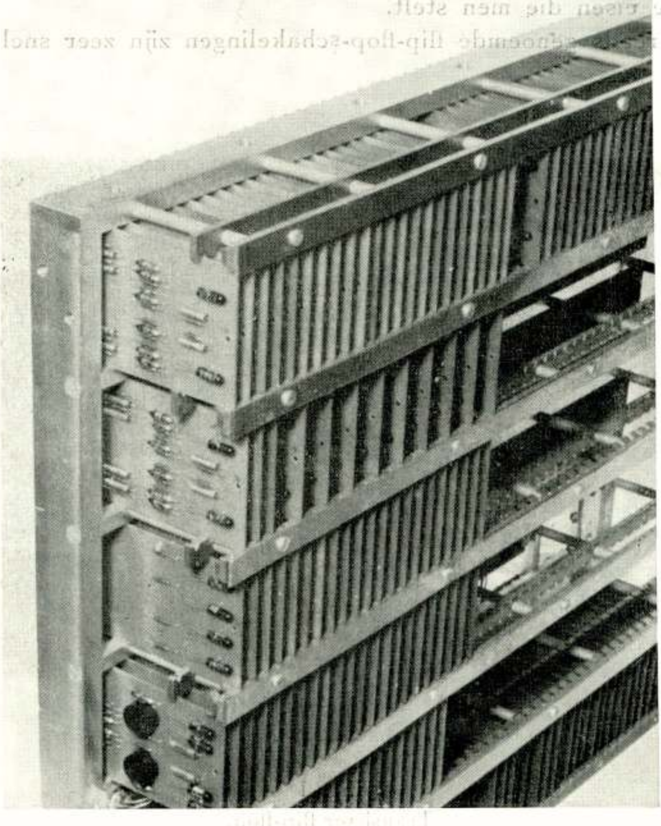


Fig. 2
Rek met transistor flip-flop schakelingen.

met een vrijwel rechthoekige hysteresislus. De diameter van zo'n ringetje is bijv. 2 mm. Na een korte stroomstoot blijft het ringetje in een goed gedefinieerde magnetische toestand achter, die we 1 kunnen noemen. Magnetisatie in de andere richting noemen we dan 0. Een impuls in tegengestelde richting door dezelfde wikkeling of door een tegengesteld gewikkelde speciale afleeswikkeling doet de magnetisatierichting omklappen als er

een 1 in werd vastgehouden. Aan de uitgangswikkeling verschijnt dan een impuls, die verder kan worden gebruikt.

Bij een veel gebruikte uitvoeringsvorm worden draden door de ringetjes gevlochten, waardoor geheugen'matjes' ontstaan. Het is mogelijk hierin een bepaald ringetje te magnetiseren door in de twee draden, die door het ringetje gaan, de halve magnetiseringsstroom te doen vloeien. De ringen in dezelfde horizontale en verticale rij krijgen dan de halve magnetiseringsstroom, waarop ze niet reageren door de rechthoekige vorm van de hysteresislus. Het uitgekozen ringetje krijgt echter de volle benodigde magnetiseringsstroom. Fig. 3 geeft het principe weer.

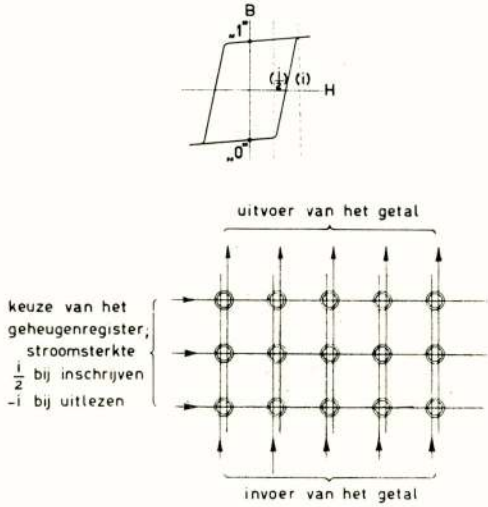


Fig. 3
Magnetisch geheugen met ringkernen.

Een fotografische plaat of film is ook bruikbaar als geheugen, waarbij de enen en nullen door doorschijnende en ondoorschijnende blokjes worden voorgesteld. Een nadeel is dat het moeilijk is om getallen in te schrijven, terwijl het schoonvegen en opnieuw gebruiken vrijwel onmogelijk is. Evenals bij een magnetische trommel kan het opzoeken van een getal lang duren wanneer het afleessysteem op een ander deel van de film of plaat staat. Een voordeel is

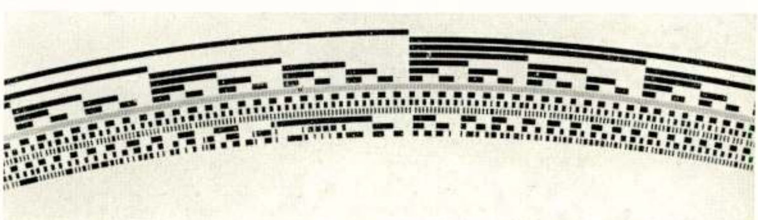


Fig. 4
Deel van een fotografisch geheugen.

de grote capaciteit; met verfijnde fotografische technieken kunnen 10.000 bits (samentrekking van 'binary digits') per mm^2 worden vastgelegd. Om deze reden is het fotografisch geheugen zeer geschikt voor het vastleggen van tabellen en dergelijke, hoewel het in universele rekenmachines vrijwel nooit wordt toegepast. Figuur 4 toont een deel van een fotografische schijf, die snel onder een aantal fotocellen, die de getallen kunnen aflezen, kan ronddraaien.

Figuur 5 geeft een schatting van de snelheid en het volume van de vier genoemde geheugensystemen, compleet met de bijbehorende hulpapparatuur. Hoewel de gegeven getallen slechts een ruwe aanduiding zijn, komt toch duidelijk uit dat een toename van de snelheid gepaard gaat met een toename van het volume.

Type geheugen	tijd in sec. nodig voor: schrijven	uitlezen	volume in cm^3/bit
Transistor flip-flop	10^{-6}	10^{-6}	200
Magnetische ringkernen	10^{-5}	10^{-5}	2
Magnetische trommel	10^{-5}	10^{-5} – 10^{-2}	0,2
Fotografische schijf	—	10^{-4} – 10^{-1}	0,04

Fig. 5
Schatting van snelheid en volume (bij 50.000 bits) van enkele geheugensystemen.

2.3. *Technische problemen bij het gebruik van de rekenmachine als vertaalmachine*

Om een elektronische rekenmachine te kunnen gebruiken als vertaalmachine moet het mogelijk zijn woorden in te voeren in plaats van getallen. Dit gaat zeer eenvoudig door iedere letter te vervangen door een getal onder 32. In tweetallige vorm

kunnen deze getallen dan in de machine worden vastgelegd. In feite gebeurt iets dergelijks reeds bij de telex. Op deze wijze zal een woord van 10 letters in de machine worden ingevoerd als een getal met 10 x 5 = 50 enen en nullen. Zou bijvoorbeeld een codering worden gebruikt waarin $a = 1$, $b = 2$, enz., dan zou het woord 'tafel' worden gecodeerd als 20, 1, 6, 5, 12, en dus in de machine worden ingevoerd als 10100 00001 00110 00101 01100.

In Rusland wordt op overeenkomstige wijze een Chinese tekst ingevoerd door gebruik te maken van de telegraafcode. Elk Chinees karakter is namelijk genummerd ten behoeve van het telegrafisch overseinen.

Het is dus mogelijk een tekst in de vorm van getallen in de machine in te voeren, terwijl ook in het geheugen van de machine woorden kunnen worden vastgelegd. Wordt in het geheugen achter ieder woord het ermee overeenkomende woord in de andere taal geschreven, natuurlijk ook in de vorm van een getal, dan ontstaat een woordenboek.

Komt een woord, dat vertaald moet worden, de machine binnen, bijvoorbeeld op een ponsband, dan kan dit woord - of zo men wil dit getal - worden afgetrokken van de woorden in het geheugen. Is de uitkomst nul dan is het juiste woord gevonden. Naar de uitgang van de machine kan dan het overeenkomstige woord in de andere taal worden gevoerd, waarna het met behulp van bijvoorbeeld een telexmachine kan worden getikt.

Het is nuttig hierbij nog te wijzen op twee technische problemen, die zich voordoen wanneer we een woordenboek in het geheugen willen vastleggen. Het ene probleem betreft het benodigde volume, het andere de snelheid.

2.3.1. Het volume van het woordenboek-geheugen

Stel dat men 60.000 woorden wil vastleggen en hierbij ook 60.000 woorden in een andere taal. Deze 120.000 woorden hebben bijvoorbeeld een gemiddelde lengte van 6 letters, dus 30 bits. In totaal moeten dan 3.600.000 bits woorden onthouden. In werkelijkheid zal dit aantal door dubbele betekenissen en andere oorzaken aanzienlijk groter zijn, zodat wel op 4.10^7 bits mag worden gerekend.

Wegens dit grote aantal tracht men op allerlei manieren het woordenboek te beperken. In hoofdstuk 3.2 wordt hierop nader

ingegaan. Ook zoekt men naar een type geheugen dat speciaal voor het vertaalprobleem geschikt is. Het fotografisch geheugen lijkt hiervoor wel in aanmerking te komen,

2.3.2. De snelheid van het woordenboek-geheugen

Komt met de ponsband via het ingangsorgaan een woord in de machine binnen, dan moet dit woord worden vergeleken met de woorden uit het geheugen. Dit kan op verschillende manieren gebeuren.

a) Wordt het binnenkomende 'woordgetal' achtereenvolgens afgetrokken van de N 'woordgetallen' in het geheugen, dan zullen gemiddeld $N/2$ aftrekkingen moeten worden uitgevoerd voordat de uitkomst nul is, dus voordat het juiste woord is gevonden. Stel dat 0,001 seconde nodig is voor het uitlezen van het woord en het uitvoeren van de aftrekking, dan kost bij $N = 60.000$ het opzoeken van elk woord gemiddeld 30 seconden.

b) Een sneller resultaat bereikt men door de woorden te plaatsen in een volgorde die wordt bepaald door de frequentie-distributie van de woorden in de betreffende taal, of eventueel in die van het betreffende vakgebied. Indien we veronderstellen dat in een bepaalde tekst een woord met rangnummer r een aantal malen $\frac{k}{r}$ voorkomt (k is volgens de regel van Zipf constant verondersteld), dan zal, indien het woordenboek N woorden bevat, het totaal aantal woorden in deze tekst gelijk zijn aan $\sum_{r=1}^{N} \frac{k}{r}$. Dit aantal woorden moet dus worden opgezocht, en is ongeveer gelijk aan $k. \ln N$.

Het woord r komt $\frac{k}{r}$ maal voor en heeft r opzoekprocedures nodig. Dit is dus in totaal voor alle woorden r een aantal van k opzoekprocedures; en voor alle N woorden $k.N$ procedures. Gemiddeld zijn dus per woord $N/\ln N$ procedures nodig. Voor $N = 60.000$ wordt dit 5500, waarvoor een tijd nodig is van 5,5 seconde.

c) Een aanzienlijk snellere methode verkrijgt men door de 'woordgetallen' te plaatsen als een opklimmende getallenreeks, en gebruik te maken van de mogelijkheid dat de machine uit het vorige resultaat zijn volgende bewerking kan bepalen. Trekken we nu namelijk het binnenkomende woord af van het

middelste woord uit het geheugen, dan kan de uitkomst positief of negatief zijn. Het gezochte woord zal zich dan dus in de eerste of tweede helft van het geheugen bevinden. Het proces wordt herhaald voor het midden van die helft, waardoor het juiste kwart vastligt. Zo doorgaande geven 16 aftrekkingen de plaats aan tot op 1 : 65.536 nauwkeurig. Dit is dus voldoende voor 60.000 woorden. Op deze wijze is het woord gevonden in 16 x 0,001 sec = 0,016 seconde. De tijd die nodig is om de juiste positie in het geheugen te bereiken is nu ongetwijfeld groter dan de tijd die nodig is voor de aftrekkingen. Het resultaat zal daardoor minder gunstig zijn dan in het bovenstaande wordt gesuggereerd.

3. Taalkundige problemen bij het ontwerpen van een vertaalmachine

3.1. *Algemeen overzicht*

Vertalen is eigenlijk niets anders dan het vervangen van de ene taal door de andere met de bedoeling dezelfde ideeën uit te drukken. Zowel wanneer dit vertalen door de mens als wanneer het door een machine gebeurt, is het woordenboek hiervoor de basis. Met de woord voor woord vertaling, die hiermee mogelijk is, bereikt men echter vrijwel nooit volledig het doel, onder andere doordat vele woorden meer dan één betekenis hebben, die met verschillende woorden in de andere taal overeenkomen. Er is echter nog een andere reden waarom woord voor woord vertaling niet voldoende is; de grammatica bevat namelijk ook een aanzienlijk deel van de over te brengen informatie, wat onder andere tot uiting komt in een min of meer streng voorgeschreven zinsbouw en in de verbuigingen. Men drukt het wel als volgt uit: de woorden geven aan waarover wordt gesproken, de grammatica wat er over wordt gezegd.

Uit het bovenstaande volgt dat het noodzakelijk is naast een woordenboek grammaticale regels voor het vertalen in de vertaalmachine in te voeren. Deze regels moeten evenals het woordenboek in het geheugen worden vastgelegd en dienen op een zodanig logische wijze te zijn opgesteld dat ze door een machine kunnen worden opgevolgd. Dit probleem is zeker niet eenvoudig en heeft een nauwkeurige bestudering van de opbouw van de taal nodig gemaakt. Hierbij kan worden opgemerkt dat de nauwkeurigheid en volledigheid van de grammaticale regels

afhankelijk zijn van het vermogen van de samensteller om algemeenheden af te leiden uit een groot aantal taaldetails.

In de rest van dit hoofdstuk zal een aanduiding worden gegeven van de richting waarin oplossingen van een aantal moeilijkheden zouden kunnen worden gezocht, teneinde een vertaling met een machine van redelijke omvang en gecompliceerdheid mogelijk te maken.

3.2. *Verbuigingen*

Het is aan de ene kant nodig de verbuigingen en vervoegingen in de tekst te herkennen om er conclusies voor de vertaling uit te kunnen trekken. Aan de andere kant is het nodig de woorden van de vertaling op de juiste wijze te verbuigen. Deze beide zijden van het verbuigingsprobleem dekken elkaar slechts ten dele. Zo kunnen verbuigingen in sommige talen door woorden worden vervangen, zoals voorzetsels of lidwoorden.

Voorbeeld 1: Duits 'der' kan 'van de' betekenen.

Voorbeeld 2: Noors kake = koekje
kaken = het koekje
kaker = koekjes
kakene = de koekjes.

Men kan zich afvragen of alle verbuigingsvormen in het geheugen aanwezig moeten zijn. Bij het gebruiken van elektronische rekenmachines voor het vertalen dient men namelijk te woekeren met de geheugencapaciteit, hoe groot deze geheugens ook lijken te zijn. Daarom zijn er vele pogingen gedaan voor- en achtervoegsels af te snijden. De machine kan bijvoorbeeld proberen of de laatste twee letters 'en' zijn en dan in het woordenboek nazoeken of de rest voorkomt. Deze rest draagt dan in de een of andere code een aanduiding voor de woordsoort, terwijl de machine in een achtervoegselwoordenboek vindt wat in de vertaling het gevolg van deze uitgang moet zijn.

Om na te gaan welke winst we in volume en tijd behalen met deze splitsing, zullen we veronderstellen dat het oorspronkelijke woordenboek met N woorden wordt vervangen door n stamwoordenboeken, elk met N_i woorden, terwijl bij elk stamwoordenboek m_i uitgangen behoren ($i = 1, 2, 3, \dots n$).

Volgens de methode c) uit hoofdstuk 2.3.2 is voor een woordenboek met N woorden het aantal opzoekprocedures p gelijk aan het kleinste getal boven ${}^2\log N$. Een benadering voor p wordt dan bij het gesplitste woordenboek gegeven door

$$p = {}^{2}\log\left(\sum_{i=1}^{n} N_i\right) + {}^{2}\log\left(\sum_{i=1}^{n} m_i\right) = {}^{2}\log\left(\sum_{i=1}^{n} N_i\right).\left(\sum_{i=1}^{n} m_i\right).$$

Om verschillende redenen is deze formule hier niet exact geldig. Voor het woordenboek waarin alle woorden voorkomen geldt:

$$P = {}^{2}\log \sum_{i=1}^{n} N_i . m_i .$$

De behaalde winst is dus

$$p - P = {}^{2}\log \frac{(\Sigma N_i) . (\Sigma m_i)}{\Sigma N_i . m_i}$$

Voorbeeld: een woordenboek met 60.000 woorden wordt vervangen door:

een stamwoordenboek	met	4000 zelfst. nmw.,	elk	met	5	vormen,
„	„	3000 werkwoorden,	„	„	10	„ ,
„	„	2000 bijv. nmw.,	„	„	4	„ ,
„	„	2000 andere woorden,	„	„	1	„ .

Nu is $\Sigma N_i = 11000$
$\Sigma m_i = 20$
$\Sigma N_i . m_i = 60000$

En dus is de winst $p - P = {}^{2}\log \frac{11000 \times 20}{60000} = 2$, terwijl het oorspronkelijke aantal procedures $P = {}^{2}\log 60000 = 16$ is.

Uit dit voorbeeld blijkt dat de winst in sommige gevallen tegenvalt, wanneer men de tijd die voor het opzoeken nodig is in de beschouwing betrekt. De benodigde geheugencapaciteit is natuurlijk wel kleiner, namelijk $\Sigma N_i + \Sigma m_i$ tegenover $\Sigma N_i . m_i$. Het lijkt echter waarschijnlijk dat het geheugen van een echte vertaalmachine zo groot gemaakt zal worden dat alle verbuigingen, die kunnen voorkomen, in het woordenboek kunnen worden opgenomen.

3.3. *Zinsbouw*

Ook het probleem van de zinsbouw heeft twee kanten. In

de eerste plaats kan de zinsbouw van de ingevoerde tekst van groot belang zijn, bijvoorbeeld bij het bepalen van de juiste betekenis van woorden met meer dan één betekenis. In de tweede plaats kan de zinsbouw van de vertaling voor het goede begrip van groot belang zijn.

Het ligt het meest voor de hand de machine een analyse te doen uitvoeren van de zinsbouw van de tekst. Hiervoor zal elk woord in het geheugen een aanduiding moeten hebben, zoals 'lidwoord' of 'werkwoord', voor zover dit mogelijk is. Voor die woorden, waarvoor dit niet mogelijk is, kan toch meestal de combinatie met de bekende woorden enig gegeven opleveren. Daarna zal met de opbouwregels van de tweede taal de zinsbouw van de vertaling moeten worden opgezet.

In een taal waarin veel verbuigingen voorkomen zullen de woordsoorten eenvoudiger kunnen worden herkend dan in een taal met weinig verbuigingen. In het eerste geval zal dan ook de volgorde van de woorden eenvoudiger kunnen worden bepaald, evenals de nodige verbuigingen. Zo zal het eenvoudiger zijn een programma te ontwerpen voor het vertalen van Frans in Engels dan omgekeerd. In dit laatste geval moet namelijk meer informatie uit de plaats van de woorden in de zin worden gehaald, wat minder eenvoudig is dan het herkennen van verbuigingen. Het Engels kent immers zeer weinig verbuigingen, waarbij twee, namelijk de derde persoon enkelvoud van het werkwoord en de meervoudsvorm van het zelfstandig naamwoord, helaas gelijk zijn. In beide gevallen immers wordt een *s* toegevoegd, zodat het onderscheid hiertussen nog wordt bemoeilijkt (he works; the works). Om dezelfde reden zal het machinaal vertalen uit het Russisch in het Engels eenvoudiger zijn dan omgekeerd.

3.4. *Woorden met meer dan één betekenis*

Het vinden van de juiste vertaling van de woorden waarvoor meer dan één vertaling mogelijk is, is wel het moeilijkste probleem voor de constructeur van een vertaalmachine. Het is door de verschillende onderzoekers op vele manieren aangepakt, zodat het onmogelijk is in het kader van dit artikel meer dan een indruk te geven van het probleem.

Het aantal woorden dat meer dan één betekenis heeft is zeer groot, zelfs wanneer men er genoegen mee neemt dat synoniemen niet worden gebruikt. Vermoedelijk heeft ieder woord

gemiddeld twee betekenissen. Dit vermindert wel aanzienlijk wanneer de vertaalmachine slechts bestemd is voor een bepaald vakgebied, zoals wiskunde.

Het heeft zin een verdeling te maken tussen grammaticale en niet-grammaticale meervoudige betekenissen. Het onderscheid maken tussen de betekenissen is in de eerste groep (weer - het weer) eenvoudig, indien de woordsoort reeds is bepaald. Indien de woordsoort niet is bepaald, en ook voor de niet-grammaticale dubbele betekenissen (as; bloem), moet het onderscheid blijken uit de rest van de tekst. De woordsoort is nog wel eens te bepalen uit karakteristieke verbindingen tussen woordsoorten (bijvoorbeeld bijvoeglijk naamwoord - zelfstandig naamwoord), of zelfs doordat er nog geen werkwoord in de zin voorkomt en het betreffende woord naar alle waarschijnlijkheid dit werkwoord is. In sommige gevallen zal de hele zin of zullen zelfs meer zinnen moeten worden afgezocht naar een aanduiding waaruit de betekenis kan worden bepaald. Een dergelijke aanduiding kan zijn het behoren tot een bepaald vakgebied. Als deze met nummers worden aangeduid kan bijvoorbeeld worden nagegaan welk nummer het meeste voorkomt in de tekst. De kans is groot dat de vertaling van het betreffende woord ook dit nummer moet dragen.

Men kan de woorden verdelen over twee groepen. De ene groep geeft de wezenlijke inhoud van de tekst; het zijn woordsoorten als werkwoorden, zelfstandige naamwoorden, bijvoeglijke naamwoorden. Ze hebben meestal weinig verschillende betekenissen. De andere groep woorden wordt wel aangeduid als „cementwoorden" omdat ze de woorden uit de eerste groep aan elkaar lijmen; voorzetsels behoren hiertoe. Ze hebben gewoonlijk vele betekenissen en komen veel vaker voor dan de woorden uit de eerste groep (het Engelse woordje „to" kan bijvoorbeeld betekenen: te, tot, ten, aan, naar, tegen, in, tot aan, voor, bij, in vergelijking met). Opgemerkt kan worden dat ook bij het opstellen van een woordenboek ermee rekening moet worden gehouden dat de woorden, die het meeste voorkomen, niet altijd het belangrijkste zijn en dat het weglaten van een weinig voorkomend woord wel eens ernstiger gevolgen kan hebben dan het weglaten van een „cementwoord".

Ook de woorden, die in combinatie met een ander woord een speciale vertaling hebben (o.a. in idiomatische uitdrukkingen), kan men tot de woorden met meer dan een betekenis rekenen. Zo kan de combinatie „private person" worden vertaald met

„particulier". Het woord „private" zal in het woordenboek een aanwijzing moeten bevatten om na te gaan of het wordt gevolgd door „person".

Eigennamen geven in deze groep van woorden met meer dan een betekenis een eigenaardige moeilijkheid. Het zal namelijk niet kunnen worden vermeden dat de machine tracht zo'n woord in zijn geheugen te vinden. Als hij daarin slaagt zal de vertaling ervan worden afgegeven. Als het niet in het geheugen voorkomt wordt het zonder meer naar de uitgang gevoerd, zoals trouwens elk woord waarvoor geen vertaling aanwezig is. Een hoofdletter kan soms een indicatie voor een eigennaam zijn, maar geeft uiteraard niet altijd zekerheid.

Tenslotte kunnen hier nog de woorden worden genoemd die van betekenis veranderen bij het vertalen. Zo zal het woord „vier" in de zin „Het woord twee heeft vier letters" bij vertalen in het Engels niet kunnen worden gehandhaafd.

4. **Enige beschouwingen over vertaalmachine-mogelijkheden**

4.1. *De huidige situatie*

De grootste belangstelling voor vertaalmachines komt van de zijde van mathematici, fysici en technici, gevolgd door de beoefenaars van andere wetenschappen en militaire instanties. De verklaring hiervoor ligt enerzijds in het feit dat dezen het meest vertrouwd zijn met de mogelijkheden die universele rekenmachines bieden, en anderzijds het meest de behoefte gevoelen kennis te nemen van wetenschappelijke publicaties in andere talen. Hiermee hangt samen dat de woordenlijsten, die zijn ontworpen om een elektronische rekenmachine als vertaalmachine te gebruiken, gebaseerd zijn op een gebruik in deze speciale vakgebieden. Het aantal woorden vermindert daardoor aanzienlijk, terwijl vooral de meervoudige betekenissen sterk afnemen. Een niet geheel correcte zinsbouw wordt wel geaccepteerd als de inhoud van het artikel maar kan worden begrepen. Een goede vertaler daarentegen zal bij het zien van het resultaat waarschijnlijk opmerken dat hij het sneller en beter zelf kan doen. Het gebrek aan goede vertalers geeft echter de vertaalmachines zeker een bestaansrecht.

Een machine, die wordt ontworpen om te vertalen, dus geen geprogrammeerde rekenmachine, zal men aan zijn taak geheel kunnen aanpassen en de resultaten, die zo'n machine levert,

zullen dan ook bevredigend kunnen zijn. De vertaalmachine, die momenteel wordt gebouwd in de Verenigde Staten van Amerika voor het Rome Air Development Center is voorzien van een fotografisch geheugen voor 30 miljoen bits, waarmee ongeveer een half miljoen woorden worden vastgelegd. Hij is bestemd voor vertalingen van het Russisch in het Engels. Voor zover bekend zal dit de eerste echte vertaalmachine zijn.

Zowel uit Amerikaanse als uit Russische literatuur blijkt dat men een onderzoek instelt naar de mogelijkheid een vertaalmachine te construeren, die niet slechts geschikt is voor het vertalen van één taal in een andere, maar die meer talen kan verwerken in beide richtingen. Bij N talen heeft men dan $N \times (N-1)$ vertaalmogelijkheden. Indien men echter één taal als een centrale taal behandelt, kan men alle vertalingen via deze taal leiden, en behoeft men dus slechts $2 \times (N-1)$ vertaalmogelijkheden te hebben. De $(N-2) \times (N-1)$ mogelijkheden, die hier niet onder vallen, vinden dus in twee stappen plaats, waaraan uiteraard nadelen verbonden zijn. In Rusland overweegt men dit systeem voor de talen Duits, Chinees, Japans en Russisch, waarbij het Russisch de centrale taal is, zodat het meeste vertaalwerk toch in één stap kan plaatsvinden. Opgemerkt wordt dat één systeem van vertaalregels slechts geldt voor twee talen in één richting.

Tegenstanders van het gebruik van Engels of Russisch als tussentaal wijzen op de vreemde consequentie ook een vertaling van Chinees in Japans via deze tussentaal te moeten uitvoeren. Dan zouden dus eerst de neutrale Chinese woorden in enkel- of meervoud moeten worden overgebracht, en lidwoorden er aan toegevoegd, om daarna de woorden weer in de oude staat terug te brengen. Men denkt daarom in dit verband ook wel aan een concentratie per taalgebied.

In Amerika is wel voorgesteld een logisch opgebouwde taal zonder woorden met meer dan één betekenis als tussentaal te gebruiken. Omdat dan toch vrijwel al het vertaalwerk in twee stappen plaatsvindt, lijkt het voor de hand te liggen voor dit doel een kunstmatige machinetaal op te stellen, waarvoor men wel de naam „Machinees" heeft gebruikt. Ook de naam „Metalanguage" is voorgesteld. Bij gebruik van een dergelijke kunstmatige tussentaal moet uiteraard het aantal vertaalmogelijkheden $2N$ worden, indien de machine voor N talen geschikt moet zijn. Naast een echte taal en een logisch opgebouwde taal als tussentaal dient hier ook de mogelijkheid te worden genoemd een

taal van logische symbolen te gebruiken. Voor het vastleggen van een half miljoen begrippen hebben we niet meer nodig dan 19 bits per begrip, wat overeenkomt met nog geen vier letters, zodat een dergelijke taal relatief weinig geheugenruimte vraagt.

4.2. *Toekomstmogelijkheden*

De omstandigheid dat men de te vertalen tekst altijd op een soort telex-machine moet overtikken, teneinde hem op een ponsband in de vertaalmachine te kunnen invoeren, zal ongetwijfeld aanleiding zijn het invoerprobleem nader te onderzoeken.

Of vertaalmachines zullen kunnen worden ontwikkeld die van proza, of zelfs van poëzie, een voortreffelijke vertaling kunnen geven, zal moeten worden afgewacht.

Manuscript ontvangen op 19 april 1960.

Digitale rekentechniek in vuurleidingssystemen

door E. W. Gröneveld *)

Voordracht gehouden voor het Nederlands Radiogenootschap op 9 februari 1960.

Summary

The design of a digital computer for application in a firecontrol system involves two kinds of problems. The first kind is related to the construction, the second kind to the program. Among the latter are:

a. smoothing of incoming data,

b. iterative procedures for determining the point of impact,

c. determining control signals for the gun.

These problems and their solutions are discussed.

1. Inleiding

Sedert het jaar 1947 maakt de digitale rekentechniek deel uit van het werkprogramma van het Physisch Laboratorium RVO-TNO. Van het begin af is de aandacht in het bijzonder gericht geweest op toepassingen op het gebied van vuurleiding. Nadat de praktische bruikbaarheid van de digitale rekentechniek voor deze toepassingen was aangetoond kwam, nu enige jaren geleden, een samenwerking op dit gebied tot stand met de N.V. Hollandse Signaalapparaten. Het zal derhalve duidelijk zijn, dat in het hier volgende de resultaten zijn verwerkt van de arbeid van vele medewerkers van de beide genoemde instellingen.

Bij het ontwerp van een digitaal werkend rekentoestel voor vuurleiding moeten twee soorten vraagstukken opgelost worden. In de eerste plaats zijn er de problemen, die rechtstreeks op de bouw van het toestel betrekking hebben; daarnaast moet de vraag beantwoord worden, welk rekenprogramma moet worden uitgevoerd. Achtereenvolgens komen beide onderwerpen aan de orde. Hieraan zullen vooraf gaan een algemene bespreking van het vuurleidingsprobleem en een opsomming van de van belang zijnde eigenschappen van digitale rekentoestellen.

*) Physisch Laboratorium, RVO-TNO.

2. Het vuurleidingsprobleem

Het begrip „vuurleiding" speelt een rol bij de artillerie. Men dient er onder te verstaan: het geven van zodanige signalen aan de lanceerinrichting van een projectiel en (of) aan het projectiel zelf, dat dit projectiel zo dicht mogelijk bij het doel wordt gebracht.

Een compleet wapensysteem bij de artillerie omvat steeds:

a. een doel,
b. een waarnemingsmiddel,
c. een rekentoestel,
d. een wapen, bestaande uit een lanceerinrichting en een projectiel.

Het doel wordt waargenomen met behulp van het waarnemingsmiddel. Uit de verkregen waarnemingsgegevens bepaalt het rekentoestel de richtgegevens voor het wapen.

De gegeven opzet geldt zeer algemeen, dus bij voorbeeld voor veldgeschut, voor de torpedo-bewapening aan boord van schepen, voor luchtdoelgeschut en voor geleide projectielen. In sommige gevallen vervult de mens geheel of ten dele de functies van één of meer van de elementen van het systeem, in andere gevallen is er sprake van een vergaande automatisering.

Het rekentoestel is het onderwerp van de voordracht. Het is zowel voor het gehoor als voor de spreker prettig, de aandacht te kunnen bepalen tot een nauwkeuriger omschreven wapensysteem. Hiervoor leent zich zeer goed het luchtdoelgeschut voor gebruik te land. Hoewel dus geenszins het gebruik van digitale rekentechnieken beperkt is tot dit wapensysteem, zullen de volgende beschouwingen wel hierop betrekking hebben. Derhalve is:

het doel:	een vliegtuig,
het waarnemingsmiddel:	een radartoestel,
het rekentoestel:	een digitaal werkend toestel,
het wapen:	een stuk luchtdoelgeschut met granaten.

Dit systeem zullen we nader bespreken waarbij figuur 1 ter verduidelijking moge dienen.

De vuurmond zal steeds gericht moeten zijn op een toekomstige positie van het doel. Dit houdt in, dat in het rekentoestel de doelsbeweging voorspeld moet worden. Men gaat daarbij vrijwel steeds uit van de aanname, dat het doel rechtlijnig eenparig beweegt. Dit moge wellicht onlogisch en willekeurig

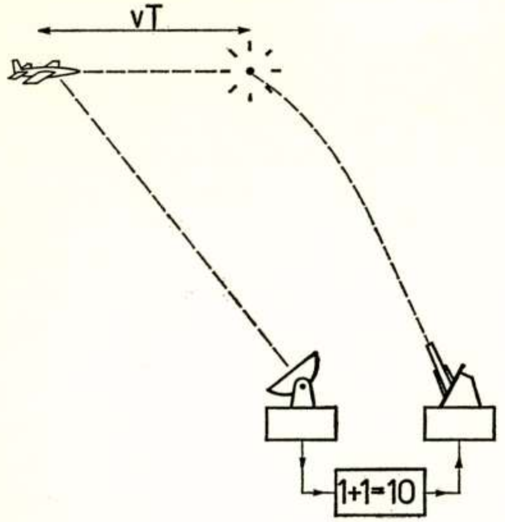


Fig. 1
Het vuurleidingssysteem; het rekentoestel wordt symbolisch aangegeven met de tweetallige optelling $1 + 1 = 10$.

schijnen, er zijn een drietal overwegingen, die tot deze aanname leiden. Zij zijn:

a. elk alternatief (constante versnelling of constante baankromming bij voorbeeld) is nog onlogischer en willekeuriger,

b. bij andere mogelijke aannamen is de invloed van waarnemingsfouten op de baanvoorspelling groter dan bij de aanname van de rechtlijnige eenparige beweging,

c. indien het vliegtuig zelf een aanval uitvoert, zal het daarvoor vaak een eenparige rechtlijnige beweging moeten uitvoeren; juist daar, waar dergelijke aanvallen verwacht kunnen worden zal men het afweergeschut opstellen.

Op de wijze waarop de baanvoorspelling kan worden uitgevoerd wordt in hoofdstuk 5 nader ingegaan. Dit zelfde geldt voor het vraagstuk van het bepalen van de richtgegevens voor het geschut.

Volledigheidshalve zij hier opgemerkt, dat niet alleen de gegevens van de doelsbaan en de eigenschappen van de granaten een rol in de berekeningen spelen. Van de andere optredende grootheden kunnen bij wijze van voorbeeld genoemd worden de parallax tussen radartoestel en vuurmond en de windsnelheid en -richting. Het zou ons te ver voeren op de hiermee samenhangende problemen dieper in te gaan.

3. Werking en eigenschappen van digitale rekentoestellen

Van een bespreking van de werking en de eigenschappen van digitale rekentoestellen kan hier slechts in zeer bescheiden mate sprake zijn. Slechts op enkele punten, die voor het onderwerp van bijzonder belang zijn, zal de aandacht worden gevestigd.

3.1. *De werking.*

De grootheden, die in het rekenkundige probleem optreden, worden in het rekentoestel in getalvorm weergegeven. Bewerkingen met deze getallen worden in een rekenkundig orgaan uitgevoerd. In de meeste toestellen is dit orgaan slechts ingericht voor de bewerkingen optellen, aftrekken, vermenigvuldigen en delen. De meeste rekentoestellen beschikken slechts over één rekenkundig orgaan, hierin vinden alle bewerkingen achtereenvolgens plaats. De resultaten komen daardoor intermitterend ter beschikking. De aard en de volgorde der bewerkingen worden vastgelegd in het rekenprogramma.

Uit het bovenstaande volgt, dat telkens nieuwe richtgegevens voor het geschut zullen moeten worden berekend en wel met een zo hoge herhalingsfrequentie, dat het intermitterend karakter der berekeningen de goede werking van het geschut niet nadelig beïnvloedt.

3.2. *Enige belangrijke eigenschappen*

De rekennauwkeurigheid speelt in veel toepassingen van rekentoestellen een belangrijke rol; bij veel vuurleidingsproblemen wordt een grote nauwkeurigheid geëist. Bij digitaal werkende toestellen kan de rekennauwkeurigheid willekeurig worden opgevoerd, zonder dat extreme eisen aan de onderdelen worden gesteld; slechts een voldoend grote registerlengte, dus een voldoend groot aantal componenten dient te worden toegepast. De constructie van deze elementen stelt niet die hoge eisen van vakmanschap, die vaak bij analoge apparatuur worden gevraagd. Bovendien blijft de rekennauwkeurigheid steeds gehandhaafd, zolang het toestel goed functioneert; dit laatste kan door automatisch uitgevoerde controleberekeningen worden geverifieerd.

In sommige gevallen zal de rekensnelheid voldoende hoog zijn om het toestel meerdere, liefst gelijksoortige, berekeningen afwisselend te laten uitvoeren, zonder dat de ontvangende apparatuur hiervan nadeel ondervindt. Vanuit één vuurleidings-rekentoestel kunnen zo bij voorbeeld meerdere stukken geschut worden gericht.

Het ingrijpen in het rekenprogramma is in beginsel eenvoudig mogelijk. Bij voorbeeld kan men van deze mogelijkheid gebruik maken door het toestel van verschillende programmadelen te voorzien en het hieruit automatisch een keuze te laten maken

aan de hand van grootheden, die het toestel zelf heeft berekend. Hierdoor kan een grote mate van automatisering worden bereikt. Ook van belang is, dat een modificatie van het toestel vaak slechts een programmawijziging inhoudt, die dan, afhankelijk van de gekozen bouwwijze, meestal eenvoudig kan worden aangebracht.

De omvang en de prijs van een rekentoestel zijn grootheden, die voor een belangrijk deel de keuze tussen de analoge en de digitale uitvoering bepalen. Voor eenvoudige rekenproblemen is de analoge uitvoering vaak in het voordeel. Bij ingewikkelde problemen, en vooral als een grote rekennauwkeurigheid of veel geheugencapaciteit wordt gevraagd, geven digitale toestellen vaak de beste oplossing.

Als een bezwaar van digitale toestellen zou kunnen worden aangemerkt, dat zij de niet-vakman minder aanspreken dan analoge toestellen. Voor militaire toestellen kan dit een belangrijke overweging zijn. Onze ervaringen ten aanzien van dit punt zijn echter zeer gunstig.

4. De constructie

De in het voorgaande opgesomde eigenschappen van digitale rekentoestellen geven aan, dat de digitale rekentechniek voor verschillende vuurleidingsproblemen met voordeel kan worden toegepast. Dit was dan ook de reden, dat onderzoek in deze richting in 1947 werd begonnen. Eén der eerste resultaten was een schatting van het aantal elektronenbuizen, nodig voor een rekentoestel voor een niet te gecompliceerd vuurleidingsprobleem. Dit aantal bedroeg 10.000. Toch is het onderzoek voortgezet. In 1952 kwam een rekentoestel voor een zeer eenvoudig probleem tot stand. Het programma omvatte tussen 10 en 20 opdrachten. Toch waren er drie, zij het onvolledig uitgebouwde, rekenkundige organen aanwezig. Het aantal buizen was ongeveer 400.

In de loop der volgende jaren is het aantal opdrachten in het programma regelmatig toegenomen. Gelijktijdig is het ontwerp steeds meer overeenkomst met het ontwerp van een universeel rekentoestel gaan tonen. Toch komt de bijzondere toepassing wel tot uiting in de opbouw van het toestel. Dit hangt voornamelijk samen met de volgende omstandigheden:

a) het toestel maakt deel uit van een systeem, waarvan andere elementen analoog werken,

b) de machine heeft slechts één toepassing en zijn bouw kan aan de aard en de omvang van het probleem worden aangepast,

c) in het systeem, waar het toestel deel van uitmaakt, vinden processen voortgang terwijl gelijktijdig het rekentoestel berekeningen uitvoert, die op deze processen betrekking hebben en waarvan de resultaten zelfs deze processen weer beïnvloeden; deze wisselwerking komt voornamelijk in het rekenprogramma tot uiting, doch beïnvloedt ook de constructie.

4.1. *Logische circuits*

Het is noodzakelijk, dat de ontwerper van een toestel kan beschikken over een stelsel betrouwbare schakelingen waaruit hij de machine kan opbouwen. Een dergelijk stelsel van schakelingen kan slechts tot stand komen, als met de volgende eisen rekening wordt gehouden:

a) de optredende signalen, zoals impulsen en schakelniveaus, dienen gestandaardiseerd te zijn,

b) elk circuit dient voor het gebruik op zijn goede werking onderzocht te zijn volgens een passend en duidelijk testvoorschrift,

c) voor elk circuit dient een gebruiksvoorschrift aanwezig te zijn, waarin de toegelaten gebruiksomstandigheden, zoals bij voorbeeld de maximale belasting, worden opgegeven.

De neiging om uit het oogpunt van besparing van tijd of geld de hand te lichten met deze eisen dient de ontwerper van een toestel te onderdrukken. Dit zal zowel de betrouwbaarheid als de overzichtelijkheid van het toestel ten goede komen.

Het is wellicht overbodig op te merken, dat de rekentoestellen, die het onderwerp van deze voordracht vormen, werken in het tweetallig stelsel. Als versterkerelement in de circuits komt tegenwoordig vanzelfsprekend slechts de transistor in aanmerking.

De hier gemaakte opmerkingen omtrent de toe te passen circuits gelden vanzelfsprekend niet alleen voor rekentoestellen voor militaire toepassingen.

4.2. *Geheugen*

Van de tegenwoordig beschikbare uitvoeringen van het variabele geheugen van de rekenmachine komt het geheugen van

magnetiseerbare ringen het meest voor onze toepassingen in aanmerking. Enige bijzondere zorg is noodzakelijk, om de goede werking bij uiteenlopende temperaturen te garanderen. De geheugencapaciteit, geëist in rekentoestellen voor vuurleiding, is niet zo groot, dat het aantal ringen bezwaarlijk groot wordt.

De magnetische trommel zou eventueel ook in aanmerking komen, doch de opzoektijd van de registers op de omtrek van de trommel is voor de meeste toepassingen te lang.

Als permanent geheugen moet hier nog de codeschijf worden genoemd, die bij de bespreking van de analoog-digitaal omzetters nog ter sprake zal komen.

De lengte van de registers zal, ten gevolge van de beperkte nauwkeurigheid van de inkomende gegevens, doorgaans kleiner kunnen zijn dan bij machines voor universeel gebruik. Ook kan de totale geheugencapaciteit veelal vrij bescheiden blijven en worden aangepast aan de eisen, gesteld door het enige op te lossen probleem.

4.3. *Het programma*

Het toestel bevat slechts één rekenprogramma, dat in beginsel nooit wijzigingen behoeft te ondergaan. Dit kan dan ook in een permanent geheugen worden opgeslagen. In de praktijk betekent dit, dat het in de bedrading wordt vastgelegd. Aan het opnemen van het programma in een niet permanent geheugen kleven twee belangrijke bezwaren:

a) in geval van een tijdelijke storing zou in het programma een blijvende fout kunnen ontstaan,

b) het wijzigen van het programma zou te eenvoudig worden en gebruikers zouden onvoldoend doordachte wijzigingen kunnen aanbrengen.

Naast het programma worden ook een aantal constanten, bij voorbeeld die, welke betrekking hebben op de ballistiek, in de bedrading vastgelegd.

4.4. *Analoog-digitaal omzetting en omgekeerd*

De inkomende grootheden bezitten voor een belangrijk deel de analoge vorm. De schootsgegevens dienen ook in analoge vorm te worden afgegeven. Deze analoge vorm is voor de hoekgegevens (kaarthoek en elevatie van het doel bij voorbeeld) een asstand, voor de met radar gemeten afstand tot het doel

een tijdsinterval en voor enige bijkomende grootheden een elektrische stroom of spanning.

Voor de omzetting van asstanden in digitale vorm komen in eerste instantie verschillende uitvoeringen van codeschijven in aanmerking. Het aftasten van deze schijven met borstels laat veelal onvoldoend hoge draaisnelheden toe. Dit probleem kan op verschillende wijzen worden opgelost, bijvoorbeeld door foto-elektrische aflezing. Men zie hiervoor hetgeen ir Boxma in zijn voordracht [1]) heeft opgemerkt over het fotografisch geheugen. Er bestaan ook andere oplossingen voor dit probleem; een opsomming hiervan zou ons hier te ver voeren.

Het verkrijgen van een asstand uit een digitaal getal vindt het beste plaats met een teruggekoppeld systeem. Hierbij wordt een analoog-digitaal omzetter in de terugkoppelweg opgenomen

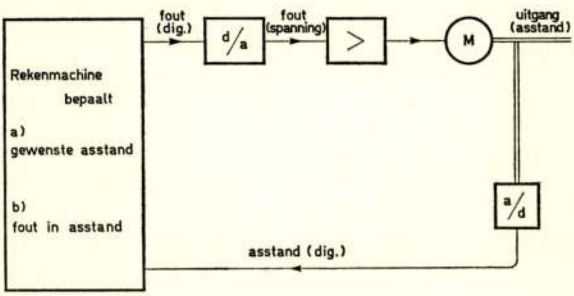


Fig. 2
Omzetting digitaal getal in asstand.

op een wijze, zoals is weergegeven in figuur 2. Deze opstelling is een zeer eenvoudig voorbeeld van een servosysteem, waarbij een digitaal werkend rekentoestel een element van de gesloten lus vormt.

In het geval van elektrische stromen of spanningen is het juist bij de omzetting van de analoge in de digitale grootheid, dat men van de terugkoppeling gebruik maakt. Het omzetten van een digitaal getal in een spanning of een stroom kan eenvoudig geschieden met behulp van een netwerk van weerstanden, aangenomen althans, dat de tweetallige cijfers door goed vastgelegde spanningsniveaus zijn weergegeven. Twee voorbeelden van omzetting van een digitaal getal in een elektrische spanning

[1]) Zie elders in dit nummer.

vindt men in figuur 3. De cijfers van het om te zetten getal worden voorgesteld door elektrische spanningen: aardpotentiaal voor nul, spanning E voor een 1. Deze spanningen worden aangesloten op de punten 2^0, 2^{-1}, 2^{-2}, enz. De uitgangsspanning is dan evenredig met de grootte van het getal.

De analoge vorm van een met radar bepaalde afstand van een doel is in eerste instantie de lengte van een tijdsinterval. Deze grootheid kan in digitale vorm worden omgezet door het aantal klokimpulsen te tellen, dat een poort passeert die gedurende dit tijdsinterval geopend is. Ondanks de grote voortplantingssnelheid van elektromagnetische golven wordt geen al te hoge impulsherhalingsfrequentie voor het kloksignaal geëist. Weliswaar wordt bij een frequentie van 2 MHz bijvoorbeeld de afstand bepaald in stappen van 75 m, door middeling over een aantal metingen worden veel nauwkeuriger resultaten bereikt. Men zie hiervoor bijvoorbeeld een artikel van Harris[2]).

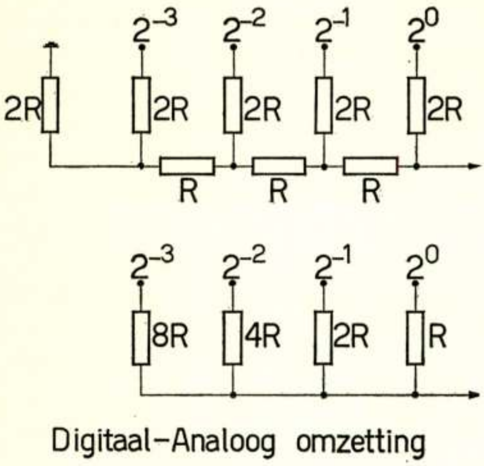


Fig. 3
Omzetting van een digitaal getal in een elektrische spanning.

4.6. *De duur van de rekencyclus.*

Het vaste rekenprogramma wordt, zoals reeds werd opgemerkt, telkens herhaald, steeds met nieuwe ingangsgegevens. De duur van de rekencyclus dient bij voorkeur constant te zijn. Daardoor verkrijgt men vaste signaalpatronen, waardoor de controle van de goede werking en het opsporen van eventuele fouten wordt vereenvoudigd. Belangrijker is echter, dat de duur van de rekencyclus in vele berekeningen een belangrijke rol

[2]) Lee B. Harris, Random Time-Modulation of the Main Bang for Increased Accuracy in Digital Range Measurement, IRE-Transactions ANE- 3, June 1956.

speelt. Een voorbeeld hiervan is de differentiatie, zoals besproken wordt in paragraaf 5.1.

Enkele overwegingen, die de duur van de rekencyclus bepalen, komen in het volgende nog ter sprake.

5. **Het rekenprogramma**

De belangrijkste functies van het rekentoestel zijn, zoals uit de inleiding blijkt, de volgende:

a) het vaststellen van de doelsgegevens,

b) het bepalen van het trefpunt en van de richtgegevens voor het geschut,

c) het omzetten van deze richtgegevens in stuursignalen voor het geschut.

Op elk dezer punten gaan we in het volgende nader in. Daarbij gaan we stilzwijgend voorbij aan de berekeningen, die nodig zijn voor de coördinatentransformaties, ondanks het feit, dat deze berekeningen steeds een aanzienlijk deel van de totale rekentijd in beslag nemen. In elk toestel blijken voorts een aantal hulpberekeningen nodig te zijn; ook hieraan besteden we verder geen aandacht.

5.1. *De bepaling van de doelsgegevens*

Zoals reeds werd aangegeven wordt aangenomen, dat het doel rechtlijnig eenparig beweegt. Als doelsgegevens zijn dus noodzakelijk drie positiecoördinaten en drie snelheidscomponenten. Het radartoestel verschaft op elk moment drie positiecoördinaten. Deze zijn behept met meetfouten, welke ten dele systematisch, ten dele van toevallige aard zijn. Wij beperken ons tot het nagaan van de invloed van deze laatste categorie fouten, die we zullen aanduiden als waarneemruis. Deze waarneemruis is op zichzelf al bezwaarlijk, omdat positiefouten van bijvoorbeeld een tiental meters op kunnen treden, doch hij is bijzonder hinderlijk bij het bepalen van de snelheidscomponenten van het doel.

Het rekentoestel zal uit een reeks waarneemgegevens een afgevlakte waarde van de doelscoördinaten en van de snelheidscomponenten moeten bepalen. Dit is een filterprobleem: het signaal (de doelsgegevens) moet gescheiden worden van de storing (de waarneemruis). Wij zullen onze beschouwingen beperken tot lineaire filterprocessen.

Bij de keuze van het toe te passen filterproces speelt de inlooptijd van het filter een grote rol. Deze bepaalt namelijk in belangrijke mate de 'tactische tijd' van het vuurleidingssysteem. Onder deze term verstaat men het tijdsverloop tussen de eerste goede waarneming van het doel en het moment, waarop het eerste goed gerichte schot kan worden afgevuurd. Het is bij de thans optredende hoge snelheden van luchtdoelen van groot belang, dat deze tactische tijd zo klein mogelijk is. Dit vereist een kleine inlooptijd van het filterproces.

Daar het rekentoestel intermitterend werkt komen de waarnemingsgegevens binnen als een reeks getallen, die opeenvolgende waargenomen doelscoördinaten weergeven. In elk dezer getallen is een bijdrage van de waarneemruis aanwezig. Eenvoudigheidshalve nemen wij in de volgende beschouwingen aan, dat in deze opeenvolgende ruisbijdragen geen correlatie aanwezig is; in werkelijkheid is die correlatie er in de meeste gevallen natuurlijk wel.

De duur van de rekencyclus duiden we aan met T. Een coördinaat van het doel, zoals waargenomen op het tijdstip iT, duiden we aan met f_i. De berekende uitkomst van het filterproces, nadat waarneming f_i verwerkt is, noemen we g_i. In ons geval zal g_i derhalve een afgevlakte doelscoördinaat of een afgevlakte snelheidscomponent zijn.

Door de beperking tot lineaire processen geldt:

$$g_i = \sum_{n=0}^{\infty} A_n \, . \, f_{i-n} + G_i \tag{1}$$

Hierin is A_n de gewichtsfactor, waarmee de nT oude waarneming wordt vermenigvuldigd en G_i is de uitkomst van het proces, voor zover deze niet van de f-waarden af hangt. Voor een stabiel proces geeft G_i het uitsterven van de beginvoorwaarden weer. Voor een stabiel proces moet derhalve G_i tot o naderen als $i \rightarrow \infty$; tevens geldt voor een stabiel proces de eis, dat de reeks

$$\sum_{n=0}^{\infty} A_n \tag{2}$$

absoluut moet convergeren.

Onder de aanname van geen correlatie tussen de ruisbijdragen in f_i voor verschillende waarden van i is

$$r = \sum_{n=0}^{\infty} A_n^2 \tag{3}$$

een maat voor de ruisoverdracht van het filterproces.

5.1.1. Optimale filters

Aan de eis, dat een filter een eindige inlooptijd moet hebben kan men voldoen door te stellen:

$$A_n = 0 \qquad \text{voor } n > m \tag{4}$$

Het filter, dat behalve aan zijn functionele eisen aan deze voorwaarde voldoet en daarbij de kleinst mogelijke waarde van r bezit noemen we een optimaal filter.

De functionele eis van een afvlakfilter is zeer eenvoudig op te stellen. Er moet gelden:

$$\sum_{n=0}^{m} A_n = 1 \tag{5}$$

Men ziet dit eenvoudig in, daar immers voor $f_i = f_0 =$ constant, moet gelden $g_i = f_0$. De minimale waarde voor r wordt gevonden, indien:

$$A_n = \frac{1}{m+1} \tag{6}$$

Deze gewichtsfactoren zijn voor $m = 15$ grafisch weergegeven in de bovenste grafiek van figuur 4. Het optimale filter blijkt een eenvoudige middeling van de laatste $m + 1$ waarden van f te zijn.

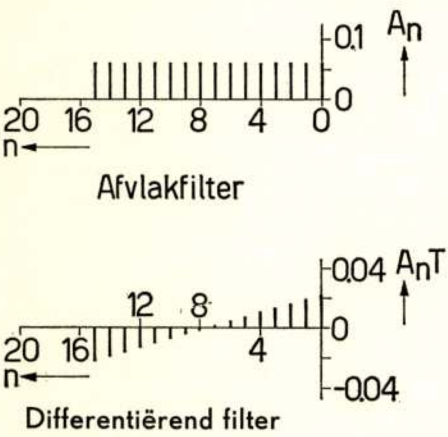


Fig. 4
Gewichtsfactoren van optimale filters.

Voor een snelheid bepalend of differentiërend filter gelden de functionele eisen:

$$\sum_{n=0}^{m} A_n = 0 \tag{7}$$

en

$$\sum_{n=0}^{m} n \,.\, A_n = -\frac{1}{T} \tag{8}$$

De ruisoverdracht wordt minimaal als

$$A_n = \frac{6}{T\,(m+1)\,(m+2)}\left(1 - \frac{2n}{m}\right) \tag{9}$$

Deze gewichtsfactoren vindt men in de onderste grafiek van figuur 4, wederom voor $m = 15$.

Op deze wijze kan men ook de optimale filters voor de bepaling van hogere afgeleiden vinden.

De optimale filters hebben voor de praktische toepassing het bezwaar, dat zij een grote geheugencapaciteit in de rekenmachine vereisen, terwijl bovendien veel berekeningen moeten worden uitgevoerd. Blum geeft aan[3]) hoe aan dit laatste bezwaar tegemoetgekomen kan worden, doch de door hem voorgestelde processen voldoen niet aan de stabiliteitseis, dat G_i tot 0 nadert voor $i \rightarrow \infty$.

5.1.2. Differentievergelijkingen

Een tweede methode van filteren is het gebruik maken van differentievergelijkingen. Deze methode kan het best aan de hand van een voorbeeld worden beschreven. Daarvoor kiezen we een eenvoudig afvlakfilter. In elektrisch-analoge vorm zou zo'n filter een enkelvoudig RC-filter kunnen zijn. Het ingangssignaal f en het uitgangssignaal g zijn hierbij verbonden door de differentiaalvergelijking

$$\frac{dg}{dt} = \frac{f-g}{\tau} \tag{10}$$

Deze vergelijking kunnen we ons door limietovergang ontstaan denken uit de differentievergelijking:

$$\frac{g_n - g_{n-1}}{\triangle t} = \frac{f_n - g_{n-1}}{\tau} \tag{11}$$

---

[3]) Marvin Blum, Fixed Memory Least Squares Filters Using Recursion Methods, IRE-Transactions, IT-3 September 1957.

of

$$g_n = g_{n-1} + \frac{\Delta t}{\tau}(f_n - g_{n-1}) \tag{12}$$

Deze laatste vergelijking is zeer geschikt als filterproces in een digitaal rekentoestel als we voor Δt de lengte van de rekencyclus T kiezen. De nieuwe waarde van g wordt dan gevonden door op de vorige waarde een correctie toe te passen, evenredig met de afwijking tussen f_n en g_{n-1}. Naarmate er meer twijfel aan de juistheid van f_n bestaat, wordt de gebruikte evenredigheidsfactor kleiner gekozen en het filter wordt trager. Dit laatste blijkt onmiddelijk, als men de oplossing van de differentievergelijking schrijft in de vorm van vergelijking (1). Men vindt dan voor de gewichtsfactoren:

$$A_n = \frac{T}{\tau}\left(1 - \frac{T}{\tau}\right)^n \tag{13}$$

Het proces is stabiel mits $0 < \frac{T}{\tau} < 2$. Het verloop van A_n als functie van n is voor een bepaalde keuze van $\frac{T}{\tau}$ weergegeven in de bovenste grafiek van figuur 5.

Het spreekt vanzelf, dat met behulp van andere differentievergelijkingen afgevlakte waarden van eerste en hogere afge-

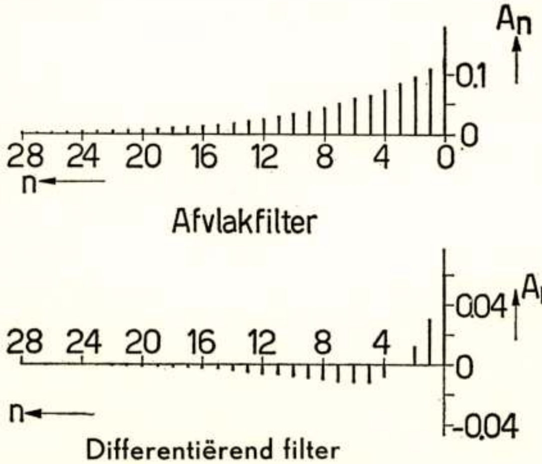


Fig. 5
Gewichtsfactoren van filters, verkregen met differentie vergelijkingen.

leiden kunnen worden verkregen. Een mogelijk verloop van A_n voor een differentiërend filter is weergegeven in de onderste grafiek van figuur 5.

Bij het gebruik van differentievergelijkingen als filterprocessen is het aantal uit te voeren bewerkingen betrekkelijk gering. Ook wordt geen grote geheugencapaciteit van de machine geeist. Uiteraard staat hier tegenover een grotere inlooptijd dan bij optimale filters met gelijke ruisoverdracht.

5.2. *De bepaling van het trefpunt en de richtgegevens*

De voor de bepaling van het trefpunt en de richtgegevens van belang zijnde gegevens omtrent de projectielbanen zijn neergelegd in de schootstafel, behorende bij het geschut en de projectielen. Op het vastleggen van deze schootstafelgegevens in een permanent geheugen in het rekentoestel wordt hier niet ingegaan. Uitgaande van deze gegevens en van de gegevens omtrent de doelsbeweging moeten nu het trefpunt en de richtgegevens worden bepaald. In de hiervoor noodzakelijke berekeningen moet soms van een iteratie-proces gebruik worden gemaakt. Op één aspect van deze iteratieve processen willen we hier de aandacht vestigen en wel op het dynamisch gedrag er van.

Iteratieve methoden worden in de wiskunde veel toegepast voor het bepalen van de wortel van een gecompliceerde vergelijking. Laat deze vergelijking zijn

$$H(x) = 0. \qquad (14)$$

Men maakt dan een, soms ruwe, schatting van de gevraagde wortel; laat deze x_1 zijn. Nu wordt $H(x_1)$ berekend. Deze uitkomst zal in het algemeen niet gelijk zijn aan 0. De schatting x_1 wordt nu aan de hand van deze uitkomst gecorrigeerd tot x_2 en dan wordt het zelfde proces herhaald. Bij een goed ontworpen proces zal op deze wijze de gezochte oplossing steeds meer benaderd worden.

In het geval van een rekentoestel voor vuurleiding is in elke volgende rekencyclus $H(x)$ anders dan in de vorige. Ook de gezochte wortel is een functie van de tijd. Als gevolg hiervan ontstaat een fout in de gevonden waarde van de wortel; dit mogen we een dynamische fout noemen.

Twee bekende processen zijn de Regel van Newton en de

Regula Falsi. Zij worden toegelicht door figuur 6. Volgens de Regel van Newton is:

$$x_n = x_{n-1} - \frac{H\,(x_{n-1})}{\left(\dfrac{dH}{dx}\right)_{x_{n-1}}} \tag{15}$$

en volgens de Regula Falsi is

$$x_n = x_{n-1} - \frac{H(x_{n-1})}{\dfrac{H(x_{n-1} + \triangle x) - H(x_{n-1})}{\triangle x}} \tag{16}$$

De beide methoden vertonen veel overeenkomst. De Regula Falsi leent zich het beste voor toepassing in een digitale rekenmachine, daar het eenvoudiger is de functie H voor twee waarden van x te bepalen dan afzonderlijk de waarden van H en $\dfrac{dH}{dx}$. Voor de nu volgende beschouwingen kiezen we echter eenvoudigheidshalve het proces van Newton.

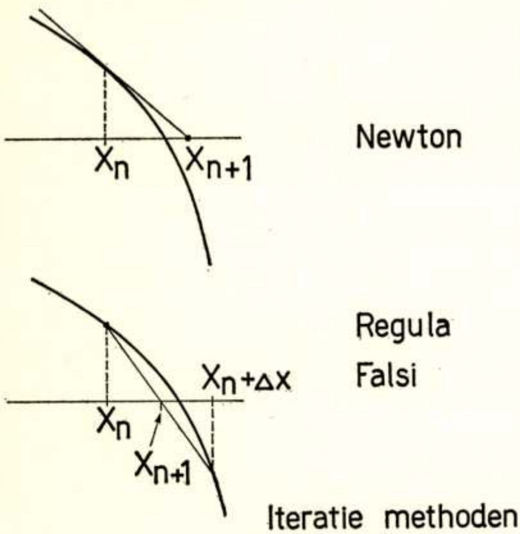


Fig. 6

De Regel van Newton en de Regula Falsi.

Eenvoudig toont men aan, dat in de gevonden oplossing van x een fout op treedt, bij benadering gelijk aan:

$$e_n = \frac{1}{2}\left(\frac{H_n''}{H_n'}\right)_{x_n} \cdot (\triangle_1 x_n)^2 \tag{17}$$

Hier duidt het accent een differentiatie naar x aan, terwijl $\triangle_1 x$ het verschil in de wortels van $H(x)$ voor twee opeenvolgende rekencycli is.

Twee belangrijke conclusies volgen uit de gegeven formule.

a) De dynamische fout is evenredig met $(\Delta_1 x)^2$, dus met $\left(\frac{dx}{dt}\right)^2 . T^2$. Dit kan soms een beperking voor de toegelaten cyclusduur betekenen.

b) De dynamische fout hangt af van de vorm, welke de functie $H(x)$ heeft.

De laatste conclusie willen we toelichten aan de hand van een voorbeeld, waarvoor we de worteltrekking kiezen. Gevraagd wordt de wortel uit het getal A te bepalen. Kiest men nu voor $H(x)$ de vorm

$$A - x^2 = 0 \tag{18}$$

dan leidt de Regel van Newton tot de bekende formule:

$$x_n = \frac{1}{2}\left(x_{n-1} + \frac{A}{x_{n-1}}\right) \tag{19}$$

Even goed echter hadden we voor $H(x)$ kunnen kiezen de vergelijking

$$A^2 - x^4 = 0 \tag{20}$$

Dit zou geleid hebben tot het zeker bruikbare proces:

$$x_n = \frac{1}{4}\left(3\,x_{n-1} + \frac{A^2}{x_{n-1}^3}\right) \tag{21}$$

dat echter niet alleen het bezwaar heeft van de gecompliceerdere berekeningen, doch tevens een dynamische fout vertoont, die driemaal zo groot is als bij het proces volgens vergelijking (19).

Niet genoemd is hier het inlopen van het iteratieproces. Het spreekt vanzelf, dat het proces bij alle waarden van x, die als eerste schatting worden gebruikt, voldoende snel tot een voldoend nauwkeurige benadering van de gewenste wortel van de vergelijking (14) dient te leiden.

5.3. *Het bepalen van de stuursignalen voor het geschut*

Zijn eenmaal de richtgegevens, dat zijn dus de gewenste kaarthoek, elevatie en tempering voor het geschut, berekend, dan moeten de feitelijke stuursignalen worden bepaald. De eisen, aan deze stuursignalen gesteld, hangen nauw samen met de

wijze van digitaal-analoog omzetting. Deze omzetting geschiedt op de wijze als aangegeven in figuur 2. Eén maal per rekencyclus bepaalt het rekentoestel het verschil tussen de gewenste en de werkelijke asstand. Dit resultaat wordt in analoge vorm omgezet en gedurende de nu volgende rekencyclus gebruikt als foutsignaal in het servosysteem.

Vergeleken met een servosysteem, dat met continue signalen werkt doen zich nu twee belangrijke verschillen voor:

a) Het foutsignaal wordt ééns per rekencyclus bepaald en gedurende de duur van de rekencyclus onthouden in een zogenaamd 'houdcircuit'.

b) Het foutsignaal is afgeleid uit een getal met een eindig aantal cijfers en is dus gekwantiseerd.

Dit tweede punt introduceert een niet-lineariteit in het systeem. Men zal de kwantisering zo fijn maken, dat het effect niet hinderlijk is. Wij gaan hier niet verder op in.

Het intermitterend bepalen van de foutsignalen tast het lineaire karakter van het systeem niet aan. Het beginsel van de superpositie blijft gelden. Het is derhalve zinvol voor de analyse de voor lineaire systemen gebruikelijke methode toe te passen, namelijk het nagaan van het gedrag van het systeem bij een sinusvormig ingangssignaal [4]).

Het telkens opnieuw berekenen van het foutsignaal wordt in figuur *7* gesymboliseerd door de schakelaar, die met regelmatige tussenpozen, telkens gedurende zeer korte tijd, gesloten wordt gedacht. Dit proces kan worden beschreven als een modulatie van het continu aanwezig gedachte foutsignaal met een reeks eenheidsimpulsen. Als Fourierreeks geschreven is dit modulerend signaal voor te stellen door:

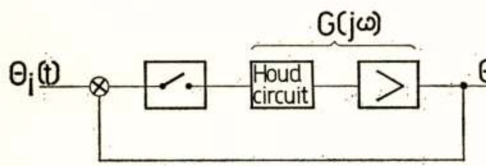


Fig. *7*

Analyse van een servosysteem, waarin het foutsignaal intermitterend wordt bepaald.

---

4) Er bestaat een uitgebreide literatuur, ook in boekvorm, op het gebied van 'sampled data control systems'. Verwezen wordt slechts naar: William K. Linvill, Sampled-Data Control Systems Studied Through Comparison of Sampling with Amplitude Modulation, A.I.E.E. Transactions *70* II (1951) p. 1779-1788.

$$\sum_{n=-\infty}^{+\infty} \frac{1}{T} e^{jn \frac{2\pi t}{T}} \tag{22}$$

Als ingangssignaal nemen we

$$\Theta_i\,(t) = A\, e^{j\omega_0 t} \tag{23}$$

Door de modulatie treden in het gemoduleerde signaal (ook een reeks impulsen) naast een component met de frequentie $\frac{\omega_0}{2\pi}$ componenten op met frequenties

$$\frac{\omega_0}{2\pi} + \frac{n}{T}, \tag{24}$$

Deze gemoduleerde impulsreeks wordt nu gevoerd naar het houdcircuit. Dit maakt van elke impuls een blokvormig signaal met een duur T. Ook dit is een lineaire operatie. De overdrachtsfunctie van het houdcircuit is:

$$\frac{1 - e^{-j\omega T}}{j\omega} \tag{25}$$

Vervolgens komen de normale elementen van het servosysteem, dus de versterker, de motor en zo voort. De overdrachtsfunctie van deze gehele keten, dus inclusief het houdcircuit, duiden we aan met $G\,(j\omega)$.

Berekening leert dat voor het uitgangssignaal geldt

$$\Theta_o\,(t) = \frac{A \sum\limits_{n=-\infty}^{+\infty} e^{j\left(\omega_0 + n\frac{2\pi}{T}\right)t} \cdot \frac{1}{T}\, G\left(j\omega_0 + jn\frac{2\pi}{T}\right)}{1 + \sum\limits_{n=-\infty}^{+\infty} \frac{1}{T}\, G\left(j\omega_0 + jn\frac{2\pi}{T}\right)} \tag{26}$$

De teller laat zien, dat in het uitgangssignaal alle frequenties volgens (24) voorkomen. De grootte van de component met index n is evenredig met $G\left(j\omega_0 + j\frac{n\,2\,\pi}{T}\right)$. Nemen we een ogenblik aan, dat ω_0 ligt binnen de bandbreedte van het servosysteem. Uit stabiliteitsoverwegingen volgt een maximale waarde

van T; deze is zo, dat alle niet gewenste componenten (daarbij is $n \neq 0$) een frequentie hebben, die buiten de bandbreedte van het servosysteem ligt. Voor deze frequenties is $G(j\omega)$ dus relatief klein.

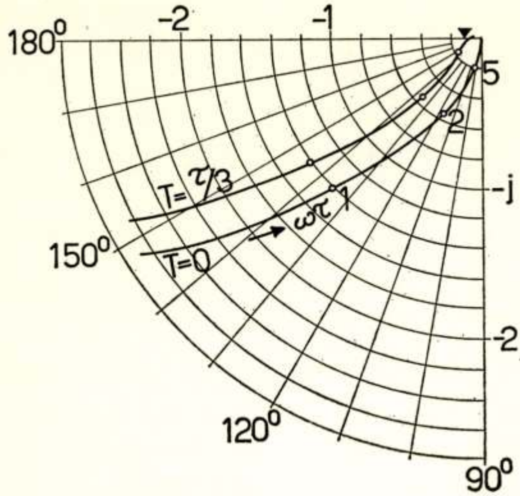


Fig. 8
Polair diagram van G en ΣG.

Kiest men ω_0 buiten de bandbreedte van het servosysteem, dan kan het geval zich voor doen, dat voor een bepaalde waarde van n een groot uitgangssignaal wordt gevonden. Eén van de modulatie producten valt dan binnen de bandbreedte van het systeem. Daarom moet er zorg voor worden gedragen, dat dergelijke componenten van te voren uit het ingangssignaal worden verwijderd.

De noemer geeft een inzicht in de stabiliteitsvoorwaarden. Indien alle termen met $n \neq 0$ verwaarloosd zouden kunnen worden heeft de noemer de bekende gedaante. Wel moet worden opgemerkt, dat $G(j\omega)$ ook de eigenschappen van het houdcircuit bevat. De invloed van het houdcircuit en de invloed van de termen met $n \neq 0$ gaan we aan de hand van een voorbeeld afzonderlijk na. Dit voorbeeld is een servosysteem, waarvan de overdrachtsfunctie van de analoge elementen na het houdcircuit de gedaante heeft

$$\lambda \frac{1 + j\omega\tau}{(j\omega\tau)^2} \tag{27}$$

Dit zou ook de overdrachtsfunctie van deze delen inclusief het houdcircuit zijn voor het geval $T = 0$. Het polaire diagram van deze functie is, op deze wijze gemerkt, getekend in figuur 8. Daarbij is $\lambda = 1$ gekozen.

Bij een waarde van $T \neq 0$ wordt de invloed van het houdcircuit merkbaar. Voor $T = \frac{1}{3}\tau$ is het resultaat ook in figuur 8

weergegeven. Neemt men nu de som over alle waarden van n, zoals de noemer van formule (26) dat voorschrijft, dan wordt een kromme gevonden, die voor de lage frequenties vrijwel niet van de laatstgenoemde kromme afwijkt. Bij $\omega \tau = 3\pi$ wordt de negatieve reële as gesneden in het met een driehoekje aangeduide punt.

Beschouwing van het diagram toont aan, dat voor een voldoende mate van stabiliteit T niet veel groter gekozen kan worden, daar anders het punt -1 te dicht wordt benaderd. Bij een andere waarde van λ mag het punt $-\frac{1}{\lambda}$ niet te dicht worden benaderd. Voorts ziet men, dat 1 á 1,5 een goede waarde voor λ is. De bandbreedte van het servosysteem wordt dan ongeveer $\frac{1}{\pi \tau}$ Hertz, zodat bij benadering T gelijk wordt aan $\frac{1}{10 \text{ maal de bandbreedte}}$.

De conclusie mag dus luiden, dat voor het beschreven systeem de invloed van het houdcircuit in hoofdzaak bepalend is voor de laagst toelaatbare rekenfrequentie, terwijl deze grens ongeveer 10 maal de bandbreedte van het systeem is.

Aan het slot van de voordracht werd met een demonstratieopstelling de invloed van de rekenfrequentie op het gedrag van een dergelijk servosysteem getoond.

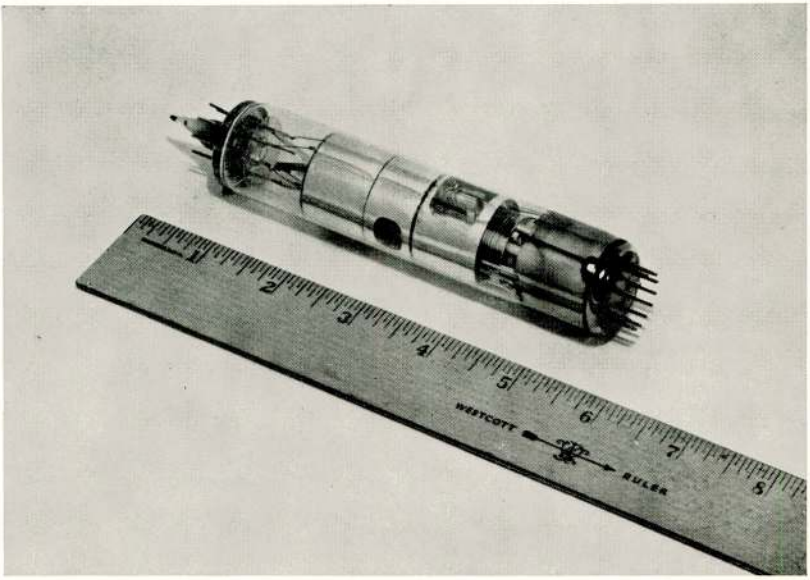
Manuscript ontvangen op 21 april 1960.

NEW HIGH FREQUENCY AMPLIFIER WITH SYNCHRONOUS PUMPING TECHNIQUE

An improvement in receiver sensitivity of a coherent Moving Target Indicator radar system, equivalent to a 50% increase in range or a five-fold boost in transmitted power, has been achieved by a new high frequency amplifier tube used in combination with a "synchronous pumping" mode of operation.

With the new amplifier unit, comparable improvements in sensitivity can be made in other fields of application, including long range radar for air traffic control and surveillance, early warning of hostile aircraft or missiles, and satellite surveillance.

The new equipment was developed by Zenith Radio Corporation, and tested at the Rome Air Development Center, Griffiss Air Force Base, New York. Application of the synchronous pumping technique was originally suggested by Kenneth G. Eakin of RADC.



L-band quadrupole amplifier tube

The electron beam parametric amplifier was recently developed by a team of research scientists headed by Dr. Robert Adler, associate director of research at Zenith, in association with Dr. Glen Wade, Stanford Electronics Laboratory. The devise is regarded as a "promising newcomer to the vacuum tube family," and provides high signal amplification over a broad frequency band with extreme stability and very low noise.

The quadrupole amplifier tube employed in the tests was inserted directly between duplexer and mixer of the existing radar. Since the Adler tube is unidirectional, no circulator or isolator is needed. Its input and output impedances are resistive and independent of gain. The existing impedance match is not disturbed, therefore, nor is the stability of the receiving system impaired.

The frequency response of the amplifier used is flat over a band of about 80 mc centered at 1300 mc. It is normally operated at about 20 db gain, although the gain may be adjusted from $-$ 1 db to over $+$ 30 db by varying the pump power.

(With the pump off, the tube acts as an isolator, with about 1 db insertion loss.)

The shape of the bandpass characteristic is completely independent of gain.

Gain stability is high, with only about a 1.3 db change in gain (at 20 db gain) occurring for a 10% change in pump power.

The broadband noise figure of the amplifier tube itself is 1.3 db. Prior to insertion of the amplifier, the radar system noise figure was 8.5 db. With the amplifier in place, the resulting system noise figure was 1.6 db. This is the single channel noise figure since no allowance for "idler-channel" effects has to be made when the synchronous pumping technique is employed in the system.

The particular tube used in the tests at RADC was developed by R. L. Cohoon, research engineer in Dr. Adler's group at Zenith.

BOEKAANKONDIGING

Bij Didot-Bottin verscheen de Bottin Europa 1960 (2e druk), de viertalige gids (Frans, Duits, Italiaans en Nederlands) voor de Gemeenschappelijke Markt. In rond 1000 bladzijden vindt men hierin een schat van culturele, commerciële en industriële gegevens over de aangesloten landen.

BOEKBESPREKINGEN

Microwave Data Tables, door A. E. Booth, M.I.R.E., grad.I.E.E., uitgegeven door Iliffe and Sons Ltd, 1959; 61 pagina's, afmetingen 10¼" x 7½". Prijs 27/6.

Dit boek bevat in de vorm van 26 tabellen de meest gebruikte numerieke berekeningen zoals die bij het microgolfwerk voorkomen. De nauwkeurigheid van de gegeven uitkomsten (3 decimalen) is ruimschoots voldoende voor de praktische toepassing.

De tabellen zijn gebaseerd op de relaties tussen frequentie en vrije ruimtegolflengte, frequentie en pijpgolflengte (voor 9 rechthoekige en 2 ronde golfpijpen) en tussen reflectiecoëfficiënt en staande-golfverhouding (gedefinieerd als $S = \frac{V_{min}}{V_{max}}$ met omrekeningstabel naar $S = \frac{V_{max}}{V_{min}}$).

Hiernaast bevat het boek nog de meer algemene tabellen voor de omrekening van verhoudingen in dB en omgekeerd in uitgebreide vorm.

Veel van de gegeven tabellen kwamen o.a. reeds voor in catalogi van fabrikanten van microgolfapparatuur, echter nimmer in zo uitgebreide vorm. We menen daarom dat met het uitgeven van dit boek een zeer nuttig werk werd verricht.

De uitvoering is goed verzorgd.

K.

Television Explained by W. E. Miller, revised by E. A. W. Spreadbury, zevende druk 1960, uitgegeven door Iliffe & Sons Ltd., London. 192 pag., afmetingen 8¾" x 5½". Prijs £ -.12.6.

Het boek is volgens de schrijvers bedoeld voor diegenen die enig technisch inzicht willen hebben in televisie en televisie-ontvangerschakelingen, waarbij kennis van radioschakelingen wordt verondersteld.

Het is geschreven in eenvoudige (engelse) taal zonder formules. De verschillende in een ontvanger te verrichten functies worden uitvoerig besproken en toegelicht met vele, in de tekst opgenomen, vereenvoudigde principeschema's van de diverse schakelingen. Daarnaast worden ook complete moderne schakelingen gegeven en inderdaad zo goed mogelijk verklaard.

In de 15 hoofdstukken wordt, beginnend met de antenne, de ontvanger van voor naar achteren behandeld. Als aanvulling op de vorige drukken is een hoofdstuk opgenomen waarin gecombineerde televisie en f.m. radio ontvangers worden behandeld.

Het boek is nuttig voor televisie amateurs, ontvangerreparateurs en voor stu-

derende televisietechnici, ofschoon het geen uitgesproken leerboek is. Voor niet engelse lezers is het soms hinderlijk dat al het besprokene betrekking heeft op het „BBC systeem" (Britse TV standaard van 405 lijnen per beeld).

G. J. L.

CONGRESSEN

International Symposium on Data Transmission.

Op 19, 20 en 21 september 1960 zal in Delft een internationaal symposium over Data-Transmissie worden georganiseerd door de Benelux-sectie van het IRE in samenwerking met het Nederlands Radiogenootschap, de IRE professional group on communicationssystems en de Sectie voor Telecommunicatietechniek van het KIVI.

De symposiumcommissie bestaat uit de heren: H. C. A. van Duuren (voorzitter), B. B. Barrow, Y. Boxma, L. Kosten, H. Rinia en F. L. Stumpers.

De nog onvolledige lijst van auteurs bevat bijdragen van:

- Bell Telephone Laboratories, Verenigde Staten.
- Georgia Institute of Technology, Verenigde Staten.
- International Business Machines Corp., Verenigde Staten.
- Cie IBM France, Frankrijk.
- Marconi's Wireless Telegraph Co, Engeland.
- Ministry of Aviation, Engeland.
- PTT, Nederland.
- New York University, Verenigde Staten.
- Shape Air Defense Technical Center, Nederland.
- MIT Lincoln Laboratory, Verenigde Staten.

Inlichtingen bij de secretaris van de Beneluxsection IRE, B. B. Barrow, Postbus 174, Den Haag.

Colloque International sur les Dispositifs à Semiconducteurs
20—25 februari 1961
Maison de l'Unesco, 2 Place Fontenoy, Paris.

De secretaris heeft voor bovengenoemd colloquïum een aantal inschrijvingsformulieren ontvangen alsmede een aantal exemplaren van het reglement van het colloquïum, waarin bijzonderheden over de toelating van voordrachten e.d. Deze zullen aan geïnteresseerden gaarne worden toegezonden zolang de voorraad strekt. Men wende zich hiertoe tot de secretaris of rechtstreeks tot het administratieadres van het Colloquïum:

10, Avenue Pierre Larousse
Malakoff
Seine (France)

Sixth National Communications Symposium.

De IRE organiseert op 3 - 4 - 5 oktober 1960 een symposium in Utica N.Y. Enige onderwerpen zijn: Communications Theory, — Systems — Equipment, Propagation, Satellite and space Communications, Communications in the Army, Navy or Air force. Nadere inlichtingen bij de secretaris.

FIRST JOINT MEETING OF NEDERLANDS RADIOGENOOTSCHAP AND THE BENELUX SECTION OF THE IRE

On April 25th, the Nederlands Radiogenootschap held a joint meeting with the Benelux Section of the IRE at the Institute of Social Studies, Den Haag. The speaker was Mr. J. A. Ratcliffe F.R.S., Vice-President of the IRE, who spoke on "The layers of the ionosphere". Not only is Mr. Ratcliffe an expert of world repute in ionosphere research, but he is also a superb lecturer. The

lecture was therefore highly appreciated by all members of the audience.

The occasion was preceeded by a dinner at the "Kota-Radja" which was attended by Mr. Ratcliffe and some 20 members of the two societies.



The accompanying photograph shows Mr. Ratcliffe talking to Ir. J. D. H. van der Toorn during the coffee interval with Ir. IJ. Boxma and Ir. A. W. M. Paling on the right.

Uit het Nederlands Radiogenootschap

Prof. Dr. Ir. J. L. BORDEWIJK

Ons lid J. L. Bordewijk werd bij Koninklijk Besluit benoemd tot buitengewoon hoogleraar aan de Technische Hogeschool te Delft, afdeling Elektrotechniek, om onderwijs te geven in de transmissie over lijn- en straalverbindingen.

Jan Lourens Bordewijk, die op 23 september 1920 te Meppel werd geboren, promoveerde op 27 juni 1956 tot doctor in de technische wetenschappen, ter gelegenheid waarvan reeds een uitvoerige levensbeschrijving werd gepubliceerd.

Gaarne wensen we de Heer Bordewijk van harte geluk met zijn benoeming.

NIEUWE LEDEN

R. de Roo van Alderwerelt, Gouverneurkade 5, Voorburg.
Ir. W. Herstel, Kagerstraat 16, Leiden.
Ir. C. van Schooneveld, Paradijsstraat 35, Voorburg.

VOORGESTELD LID

Ltz I de Zeeuw, Kievitbloemlaan 28, Den Haag.

NIEUWE ADRESSEN VAN LEDEN

Ir. M. L. Bazen, p.a. IBM, 2e Kostverlorenkade 103, Amsterdam.
F. Doornbos, Koning Lodewijklaan 138, Apeldoorn.
G. J. C. Donk Jr., Oude Amersfoortseweg 18, Hilversum.
Ir. J. W. Edens, Willibrorduslaan 95, Waalre.
W. H. van Gelder, Hemsterhuisstraat 189 VI, Amsterdam-W.
J. A. Greefkes, Chopinlaan 56, Eindhoven. (correctie)
Ir. B. G. Hooghoudt, Witte de Withlaan 14, Oegstgeest.
Ir. G. A. Klein, Loosdrechtseweg 117, Hilversum. (tot 1-8-1960 Soestdijkseweg 245z, Bilthoven.)
Ir. J. J. van Rijsinge, Voert 17, Bergen N.H. (tot 1-8-1960 Reguliersgracht 9, Amsterdam.)
Ir. E. Scholten, Burg. Gülcherlaan 19, Hilversum.
B. Slikkerveer, Moreelsestraat 30, Deventer.
Ir. J. C. Vermeulen, Sportlaan 14, Amstelveen.

Dit nummer werd gedrukt op 12 juli 1960.